

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA DE LOS RECURSOS NATURALES**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA DE LOS RECURSOS NATURALES**

**TEMA:
EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE MINERALES EN LECHUGA (*Lactuca sativa*
var. crispa) CRECIDAS EN DIFERENTES SOLUCIONES NUTRITIVAS DE UN
CULTIVO HIDROPÓNICO**

**AUTOR:
CHRISTIAN FERNANDO USHIÑA SIMBAÑA**

**DIRECTORA:
ELENA DEL ROCÍO COYAGO CRUZ**

Quito, agosto del 2020

Cesión de derechos de autor

Yo Christian Fernando Ushiña Simbaña, con documento de identificación N° 1718173030, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: Evaluación del contenido de minerales en lechuga (*Lactuca sativa* var. *crispa*) crecidas en diferentes soluciones nutritivas de un cultivo hidropónico, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Biotecnología de los Recursos Naturales, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Nombre: Christian Fernando Ushiña Simbaña

Cédula: 1718173030

Fecha: Quito, 17 de agosto del 2020

Declaratoria de coautoría del docente tutor/a

Yo Elena del Rocío Coyago Cruz declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Trabajo de titulación Evaluación del contenido de minerales en lechuga (*Lactuca sativa* var. crispata) crecidas en diferentes soluciones nutritivas de un cultivo hidropónico, realizado por Christian Fernando Ushiña Simbaña, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, 17 de agosto del 2020



Elena del Rocío Coyago Cruz

CI: 1713762647

Dedicatoria

A mi madre Elvia del Rocío, que desde el cielo cuida de mí brindándome su bendición y dándome fortaleza en los momentos difíciles.

A mi padre Jorge, quien ha sido el pilar fundamental en mi formación profesional y ha sido un ejemplo de superación.

A mi hermano Diego, que a pesar de las diferencias siempre me apoya en las decisiones que he tomado.

A la Ing. Eliana González, mi mejor amiga, con quien compartí momentos agradables dentro y fuera de la Universidad.

Finalmente, a mis abuelitos, Manuel y Carmen quienes me cuidaron cuando era niño y hoy me cuidan desde el cielo.

Agradecimientos

A mi tutora la PhD. Elena Coyago Cruz, por permitirme formar parte de su grupo de investigación y ser el pilar fundamental en la elaboración de este trabajo compartiéndome su conocimiento.

A los laboratorios de Ciencias de la Vida de la Universidad Politécnica Salesiana, por permitirme utilizar las instalaciones para llevar a cabo esta investigación.

A la Universidad UTE, por el apoyo brindado para llevar a cabo ésta investigación, en especial al PhD. Manuel Baldeón y Msc. Jorge Heredia del Centro de Investigación Biomédica (CENBIO), y a la Msc. Elena Beltrán docente investigador del Centro de investigación de alimentos (CIAL).

A la Escuela Politécnica Nacional por el apoyo brindado, en especial al PhD. Edwin Vera, Jefe del Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología (DECAB).

Al Sr. Vicente Défaz y a la Sra. Nelly Chulde, por abrirme las puertas de su hogar para llevar a cabo la etapa de cultivo de esta investigación

Índice general

Introducción	1
Capítulo 1	4
Marco conceptual	4
1.1. Insuficiencia Renal	4
1.1.2. Nutrición en la insuficiencia renal	7
1.2. Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	12
1.2.1. Información nutricional de la lechuga.....	12
1.3. Cultivos hidropónicos.....	18
1.3.1. Sistema hidropónico NFT	22
1.3.2. Raíz flotante	22
1.3.3. Aeroponía	23
1.3.4. Acuaponía.....	24
Capítulo 2	25
Materiales y métodos	25
2.1. Metodología.....	25
2.1.1. Implementación de un sistema hidropónico NFT bajo un diseño factorial 2x2.	25
2.1.2. Análisis de parámetros físico – químicos de la especie en estudio.....	30
2.1.3. Análisis microbiológico de la especie en estudio.....	36
2.1.4. Análisis de compuestos bioactivos.....	37
Capítulo 3	42

Resultados y discusión	42
3.1. Desarrollo vegetativo.....	42
3.2. Parámetros físico químicos.....	45
3.3. Análisis microbiológico.....	51
3.4. Compuestos bioactivos	54
Conclusiones	57
Recomendaciones.....	59
Referencias	60
Anexos.....	75

Índice de tablas

Tabla 1. Cantidad máxima de los minerales restringidos y sus efectos por exceso	8
Tabla 2. Alimentos que pueden consumir las personas con IR.....	9
Tabla 3. Características nutricionales de una persona con IR según el tipo de tratamiento requerido.....	11
Tabla 4. Información nutricional de cuatro variedades de lechuga.....	13
Tabla 5. Macro y micronutrientes, forma iónica asimilada y concentración recomendada.....	21
Tabla 6. Diseño factorial	27
Tabla 7. Pre-soluciones que conforman una solución nutritiva	28
Tabla 8. Soluciones nutritivas de los diferentes tratamientos	29
Tabla 9. Conformación de grupos de muestras liofilizadas de lechuga	34

Índice de figuras

Figura 1. Porcentaje de las causas principales de la insuficiencia renal	5
Figura 2. Representación gráfica de la absorción atómica de llama	16
Figura 3. Representación gráfica del HPLC.....	18
Figura 4. Diseño de un sistema hidropónico NFT	22
Figura 5. Diseño de un sistema hidropónico de raíz flotante.....	23
Figura 6. Diseño de un sistema aeropónico.....	23
Figura 7. Diseño de un sistema acuapónico	24
Figura 8. Sistema hidropónico y sus partes.....	26
Figura 9. Plántula de lechuga	30
Figura 10. Evaluación de desarrollo vegetativo con cinta métrica	31
Figura 11. Caracterización microbiológica (Placa de coliformes totales); A) Preparación de las muestras en un ambiente estéril; B) Etiquetado de placas previa incubación; C) Recuento de placas (coliformes totales) después de 48 horas.....	37
Figura 12. Representación de la microplaca para fenoles totales	39
Figura 13. Evolución de altura de lechuga hidropónica a diferentes tratamientos en la primera temporada (A) y segunda temporada de cultivo (B)	42
Figura 14. Evolución del número de hojas en diferentes tratamientos en la primera temporada (A) y segunda temporada de cultivo (B)	43
Figura 15. Peso de lechuga hidropónica en diferentes tratamientos y dos temporadas de cultivo	44
Figura 16. Coordenadas de color CIELAB en diferentes tratamientos en la Primera temporada (A) y segunda temporada (B)	45
Figura 17. Contenido de sólidos solubles (A), pH (B) y acidez titulable (C) de los diferentes tratamientos en dos temporadas de cultivo	48

Figura 18. Porcentaje de humedad (A) y cenizas (B) en diferentes tratamientos y en dos temporadas de cultivo.....	49
Figura 19. Contenido de potasio (K^+) en mg/g PS (A) y sodio (Na^+) en mg/g PS (B) en diferentes tratamientos y en dos temporadas de cultivo.....	50
Figura 20. Recuento de placas Petrifilm 3M para <i>Aerobios mesófilos</i> , coliformes totales, mohos y levaduras en diferentes tratamientos y en dos temporadas de cultivo.....	53
Figura 21. Contenido de carotenoides totales en ug/ g PS (A), compuestos fenólicos totales en mg/ g PS (B) y vitamina C en mg/100g PS en diferentes tratamientos y en dos temporadas de cultivo.....	55
Figura 22. Material de pvc que conforma cada sistema hidropónico (A); adaptación de manguera de distribución de solución nutritiva (B) Programación de horas de riego mediante timer;	76

Índice de ecuaciones

Ecuación 1 % de acidez titulable.....	32
Ecuación 2 % de humedad	32
Ecuación 3 % de cenizas	33
Ecuación 4 Concentración de minerales por AA	35
Ecuación 5 Recuento de UFC	36
Ecuación 6 Concentración de carotenoides totales	38
Ecuación 7 Concentración de fenoles totales	39
Ecuación 8 Concentración de vitamina C	40

Índice de anexos

Anexo 1. Instalación de los sistemas hidropónicos NFT	75
Anexo 2. Manual de formulación de solución nutritiva Tarpui	77
Anexo 3. Análisis de parámetros físico-químicos.....	80
Anexo 4. Análisis de minerales por absorción atómica	81
Anexo 5. Normas microbiológicas de los alimentos y asimilados. Legislación española	82

Resumen

El principal problema en personas con enfermedades renales es la limitada cantidad de minerales que pueden ingerir en la dieta, siendo el sodio y potasio los minerales más restringidos. El presente estudio permitió evaluar el contenido de minerales en lechuga (*Lactuca sativa* var. *crispa*) crecidas en diferentes soluciones nutritivas de un cultivo hidropónico. Para lo cual, se implementó cuatro sistemas hidropónicos NFT con dos soluciones nutritivas recomendadas por casas comerciales y dos soluciones nutritivas con ausencia de potasio. En las lechugas se evaluó el desarrollo vegetativo, parámetros físico-químicos, carga microbiana y compuestos bioactivos. Los resultados evidenciaron que la ausencia de potasio en la solución nutritiva influyó en el desarrollo vegetativo generando plantas de menor tamaño, menor número de hojas y peso. Los sólidos solubles y la acidez titulable tuvieron un incremento de 300 y 100 % respectivamente con reducciones de potasio de 73,19 % y un aumento de sodio de 53,62 %. Por otra parte, la carga microbiana fue inferior a los límites máximos permitidos por la legislación española (10^5 UFC/g para *Aerobios mesófilos*, 10^4 UFC/g para coliformes totales, mohos y levaduras). Finalmente, la concentración de carotenoides totales fue menor en 85 y 36,2 % en los tratamientos sin potasio, sin embargo, el Tratamiento 2 sin potasio presentó mayor concentración de fenoles totales, el contenido de vitamina C en las dos temporadas mostró un rango de 10,49 y 13,8 mg/100g en lechugas sin potasio. Concluyendo que el cultivo hidropónico ayuda a la obtención de alimentos para personas con insuficiencia renal.

Palabras clave: Insuficiencia renal, parámetros físico-químicos, carga microbiana, compuestos bioactivos

Abstract

The main problem in people with kidney disease is the limited amount of minerals that can be ingested in the diet, sodium and potassium being the most restricted minerals. The present study allowed to evaluate the mineral content in lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*) grown in different nutritive solutions of a hydroponic crop. For which, four NFT hydroponic systems were implemented with two nutritive solutions recommended by commercial houses and two nutritive solutions with the absence of potassium. Vegetative development, physicochemical parameters, microbial load and bioactive compounds were evaluated in the lettuces. The results showed that the absence of potassium in the nutritive solution influenced vegetative development, generating smaller plants, fewer leaves and less weight. The soluble solids and the titratable acidity had an increase of 300 and 100 %, respectively, with reductions in potassium of 73,19 % and an increase in sodium of 53,62 %. On the other hand, the microbial load was lower than the maximum limits allowed by Spanish legislation (10^5 CFU/g for *mesophilic aerobes*, 10^4 CFU/g for total coliforms, molds and yeasts). Finally, the total carotenoid content was lower in 85 and 36,2 % in the treatments without potassium, however, Treatment 2 without potassium presented a higher concentration of total phenols, the content of vitamin C in the two seasons showed a range of 10,49 and 13,8 mg/100g in lettuce without potassium. Concluding that hydroponic cultivation helps to obtain food for people with kidney disease.

Keywords: kidney disease, physical-chemical parameters, microbial load, bioactive compounds

Siglas y acrónimos

AA	Absorción atómica
a [*]	Coordenada de color
A _{1CM} ^{1%}	Coeficiente de absorción molar
b [*]	Coordenada de color
°Brix	Unidad para determinar sólidos solubles
°C	Centígrados
cm	Centímetro
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
Fd	Factor de dilución
g	Gramo
HPLC	Cromatografía líquida de alta eficiencia
INH	Instituto Nacional del Cáncer
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
IR	Insuficiencia renal
IRA	Insuficiencia renal aguda
IRC	Insuficiencia renal crónica
K ⁺	Potasio
Kg	Kilogramo
L	Litro
lph	Litro por hora
L [*]	Luminosidad
meq	Miliequivalente
mg	Miligramos
mL	Mililitro
Na ⁺	Sodio
ND	No detectado
NFT	Técnica de película de nutriente
NR	No reportado
nm	Nanómetros

pH	Potencial hidrógeno
PF	Peso fresco
Ppm	Partes por millón
PS	Peso seco
PVDF	Fluoruro de polivinilideno
SS	Sólidos solubles
UFC	Unidades formadoras de colonias
Upml	Unidades propagadas de mohos y levaduras
UV	Ultra violeta
µg	Microgramo
µL	Microlitro
var.	Variedad

Introducción

Según el Instituto Nacional del Cáncer de Estados Unidos la insuficiencia renal (IR) es definida como una afección en la cual los órganos renales pierden su función, evitando que se eliminen los desperdicios y el agua adicional de la sangre, o mantengan equilibradas las sustancias químicas en el cuerpo (NIH, 2019). La función renal se encarga del balance hidroeléctrico, la regulación del equilibrio ácido-base, metabolismo fosfocálcico y balance nitrogenado (Román & Bustamante, 2008). Pacientes con esta enfermedad deben tener una alimentación controlada ya que el riñón realiza el proceso de regulación interna del organismo mediante funciones metabólicas, excretoras y endocrinas que filtran fluidos, solutos y selectivamente secretan y reabsorben agua, minerales y electrolitos (De Castaño & De Rovetto, 2007). En Latino América por cada millón de habitantes, 650 personas sufren de esta enfermedad con incremento estimado del 10% anual. En Ecuador en el 2015, aproximadamente 11460 personas presentaron enfermedades renales y la proyección al 2017 fue de 14107 (Ministerio de Salud Pública, 2015), siendo la cuarta causa de mortalidad general y la quinta de mortalidad prematura en el Ecuador (Ministerio de Salud Pública, 2018). La dieta para pacientes que sufren de insuficiencia renal es muy compleja pues presenta restricciones y privaciones alimentarias bajas en sodio, potasio y fósforo (Soto Vilca & Susenj, 2013). En el caso del sodio, sino se elimina puede provocar retención de agua, elevada tensión arterial, edema pulmonar e insuficiencia cardiaca. El potasio sino es eliminado se acumula en la sangre provocando calambres, hormigueos, agotamiento muscular, arritmias e incluso paro cardiaco (Osakidetza, 2013) y un exceso de fósforo induce la forma más severa de hiperparatiroidismo secundario (HPS), además se encuentra relacionado con la descalcificación de los huesos (Lloret et al., 2013). La cantidad de sodio que puede ingerir una persona con insuficiencia renal es de 1300 a 1700 mg, potasio 1800 a 2000 mg y fósforo 800 a 1200 mg al día (Ozakidtza, 2013).

La lechuga (*Lactuca sativa*) pertenece a la familia Asteraceae siendo el cultivo más importante en el grupo de hortalizas de hoja (Noumedem, Djeussi, Hritcu, Mihasan, & Kuete, 2017). Se caracteriza por ser un alimento con bajo contenido de carbohidratos, proteína y grasa, pero alto en vitaminas, minerales fibra y agua (Carrillo & Valdés, 2016; Moreiras, Carbajal, Cabrera, & Cuadrado, 2018); además, proporciona cantidades altas de ácido ascórbico, carotenos, tocoferoles y filoquinona (Noumedem et al., 2017; Renna, Castellino, Leoni, Paradiso, & Santamaria, 2018). Al ser un alimento con alto contenido de minerales, el consumo por personas que sufren de insuficiencia renal (IR) es limitado. A su vez, el consumo de alimentos que se encuentren directamente en contacto con la tierra, son poco recomendados para este tipo de pacientes debido al alto grado de riesgo de contaminación por organismos patógenos como parásitos, bacterias y virus presentes en la tierra causando enfermedades al consumidor (Beuchat, 1996). Por tanto, dentro del contexto de la búsqueda de alimentos exentos de microorganismos patógenos y con baja cantidad de minerales, la aplicación de cultivos hidropónicos es una alternativa, ya que mediante el control de los nutrientes proporcionados a la planta (Nguyen, McInturf, & Mendoza-Cózatl, 2016) se permite un control de macro y micro nutrientes generados (Fraile-Robayo, Álvarez-Herrera, Reyes M., Álvarez-Herrera, & Fraile-Robayo, 2017), además de cultivos libres de microorganismos (Beltrano & Gimenez, 2015). Así, recientemente en Japón e Italia, se han desarrollado tecnologías de producción hidropónica de frutas y verduras con bajo contenido de potasio, como melón, fresa, tomate, espinaca y lechuga (Asaduzzaman et al., 2018; Fontes, Sampaio, & Mantovani, 2000; Ogawa, 2018; Renna et al., 2018; Talukder et al., 2016).

Por lo antes mencionado, se ha creado la necesidad de saber ¿Cómo el cultivo hidropónico ayuda a disminuir la cantidad de minerales en lechuga, hasta límites adecuados para pacientes con insuficiencia renal?, por tanto, esta investigación tuvo como objetivo principal evaluar el contenido de minerales en lechuga (*Lactuca sativa* var. *crispa*) crecidas en diferentes soluciones

nutritivas de un cultivo hidropónico y los objetivos secundarios fueron: Implementar un sistema hidropónico NFT bajo un diseño factorial 2x2; caracterizar la especie en estudio mediante parámetros físico-químicos y microbiológicos y analizar el contenido de compuestos bioactivos (carotenoides, compuestos fenólicos y vitamina C) de la especie en estudio.

Este proyecto de investigación tuvo un alcance social en el campo de la salud y un valor práctico en la reducción de minerales, pues la producción de verduras de este tipo mejoraría en gran medida la alimentación de pacientes con insuficiencia renal.

Capítulo 1

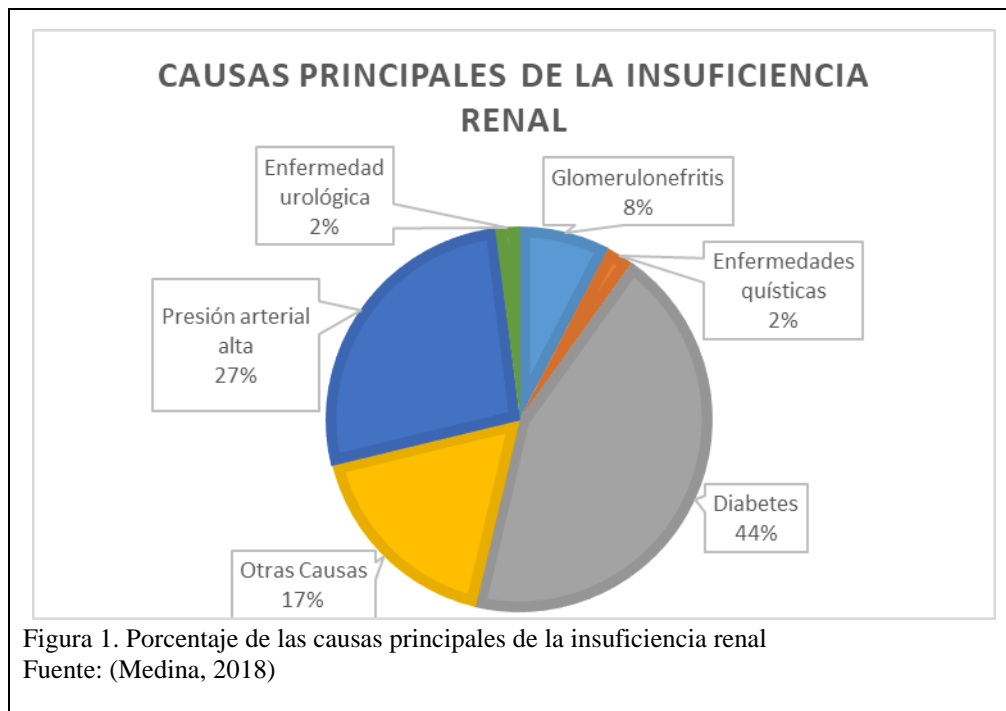
Marco conceptual

Enfermedades del milenio

A medida que transcurre el tiempo, el avance de la medicina ha sido un factor importante para combatir todo tipo de enfermedades, sin embargo, existen enfermedades que a pesar de estar controladas, en este milenio siguen ganando fuerza debido a factores externos como la contaminación, cambio climático y alimentación inadecuada; así dichas enfermedades son: la diabetes, asma, neumonía, sida, estrés, depresión, fatiga, cáncer y enfermedades cardiovasculares (Los tiempos, 2014). Las enfermedades antes mencionadas, pueden ser un factor de riesgo en el desarrollo de enfermedades renales con altas tasas de prevalencia (Ministerio de Salud Pública, 2018) ya que su evolución puede pasar inadvertida para las autoridades de salud, médicos y pacientes, por esta razón se las ha denominado como una epidemia silenciosa (Flores, 2010).

1.1. Insuficiencia Renal

La IR es una enfermedad que provoca la incapacidad para eliminar agua y desechos metabólicos debido a un trastorno parcial o completo en la función renal (Ayala, 2012). Esta enfermedad provoca la afección a todo el organismo (Figura 1), lo que podría ocasionar diabetes, presión arterial alta y glomerulonefritis (Medina, 2018).



Según el grado de afección, esta enfermedad puede clasificarse en insuficiencia renal aguda (IRA) e insuficiencia renal crónica (IRC) (Ayala, 2012). La IRA es caracterizada por el deterioro rápido de la función renal provocando un desequilibrio de agua y electrolitos y acumulación de productos nitrogenados como la urea y la creatinina (De Castaño & De Rovetto, 2007). Otros efectos de este grado de enfermedad es la disminución de la inmunidad y una disfunción de otros órganos no renales como el corazón, los pulmones, cerebro e intestinos (Ostermann & Joannidis, 2016; Singbartl & Joannidis, 2015). Por otra parte, la IRC provoca una disminución del 30 % de la función renal respecto a los valores normales y ocasiona la pérdida progresiva, permanente e irreversible de la tasa de filtración glomerular; esta patología puede ser producida en un lapso de tiempo de 3 meses o más, ocasionando incapacidad renal para cumplir las funciones depurativas, excretoras, reguladoras y endocrinometabólicas (De Castaño & De Rovetto, 2007; Gómez, Arias, & Jiménez, 2016).

1.1.1. Tratamientos en pacientes renales

Según el grado de afección renal, el paciente puede optar por tratamientos de diálisis (pre-diálisis, hemodiálisis, diálisis peritoneal) o por un trasplante de riñón. Dichos tratamientos no suponen una cura para las personas con IR, sin embargo, son formas de mejorar su calidad de vida (National Kidney Foundation, 2016).

Cuando un paciente presenta una afección renal importante, la pre-diálisis es el diagnóstico de una situación clínica que puede marcar el inicio a la inclusión en un tratamiento renal sustitutivo como la diálisis (Lorenz, Otero, & Vila Paz, 2008), que es un método terapéutico en el cual se desechan las sustancias tóxicas de la sangre (Pereira, Boada, Peñaranda, & Torrado, 2017). Este proceso de diálisis puede ser: hemodiálisis y diálisis peritoneal.

La hemodiálisis según Pereira et al., (2017), consiste en la circulación de sangre proveniente de una arteria por un filtro (dializador) en el cual las sustancias tóxicas presentes se difunden en el líquido de diálisis, en este proceso la sangre libre de sustancias tóxicas vuelve al cuerpo a través de una vena canulada. Por su parte en la diálisis peritoneal se provoca un intercambio de sustancias y una extracción de líquidos mediante la infusión de soluciones dializantes en la cavidad peritoneal, en este tipo de diálisis intervienen fuerzas físicas como la difusión, ósmosis y convección que inducen el movimiento de las partículas y líquidos para obtener como resultado final los productos del metabolismo (Buitrago, 2012).

El trasplante renal que consiste en sustituir el riñón afectado por uno sano para que cumpla las funciones afectadas por la enfermedad es la mejor alternativa terapéutica hacia los pacientes con IRC, mejorando su calidad de vida y resistencia a los procesos de diálisis (Martín & Errasti, 2006; National Kidney Foundation, 2017; Otero-Raviña et al., 2004).

1.1.2. Nutrición en la insuficiencia renal

Cuando existe una afección renal, una dieta desbalanceada puede ocasionar un deterioro progresivo de los riñones complicando el estado del paciente. Dicha descompensación provoca una acumulación de líquidos y desechos en el organismo, por lo que la alimentación es un factor importante durante la enfermedad renal (Osakidetza, 2013). Una buena alimentación comprende un correcto equilibrio entre macro y micronutrientes, así las proteínas son requeridas para la estructura, función y regulación de los tejidos y órganos del cuerpo (Genetics Home Reference, 2019); carbohidratos que son los encargados de proporcionar energía a todas las células del cuerpo (Slavin & Carlson, 2014); y vitaminas que favorecen el metabolismo normal (Nordqvist, 2017). A su vez, los minerales son parte importante de una dieta balanceada, sin embargo en pacientes con problemas renales se recomienda la disminución de la ingesta de sodio, potasio y fósforo, ya que el riñón afectado no puede eliminarlos, generando una acumulación que puede provocar efectos negativos en el organismo (Tabla 1) (De Castaño & De Rovetto, 2007; Soto-Vilca & Susenj, 2013), por tal motivo cuando los órganos renales no funcionan adecuadamente, la alimentación es importante ya que una dieta inapropiada puede aumentar la disfunción renal (Osakidetza, 2013). Una vez que el paciente es diagnosticado con dicha patología, este debe cambiar su alimentación con productos que contengan principalmente menor cantidad de minerales y baja cantidad de proteína (Osakidetza, 2013; Patiño, Villanueva, & Bañón, 2009).

Tabla 1.

Cantidad máxima de los minerales restringidos y sus efectos por exceso.

Mineral	Cantidad mg/día	Efectos por exceso
Sodio	1300 - 1700	Retención de agua, insuficiencia cardíaca, elevada tensión arterial y edema pulmonar.
Potasio	1800 - 2000	Calambres, hormigueos, fatiga muscular, arritmias e incluso paro cardíaco
Fósforo	800 - 1200	Induce el hiperparatiroidismo secundario (HPS), y está relacionado con una descalcificación de los huesos

Fuente: (Lloret et al., 2013; Osakidetza, 2013)

En la Tabla 2 se puede observar los alimentos permitidos para el consumo de personas que sufren de insuficiencia renal.

Tabla 2.

Alimentos que pueden consumir las personas con IR

Grupos de alimentos	Porciones	Alimentos
Lácteos	½ vaso al día y 2 o 3 postres lácteos a la semana	Leche, yogurt, natilla, flan, arroz con leche
Frutas	2 al día: una fruta cruda y una cocinada o en conserva	Manzana, mandarina, lima, limón, naranja, kiwi y pera (1 pequeña); sandía (1 tajada); melocotón y pomelo (1 mediano); cerezas (20 unidades), higos (4 pequeños), piña (1 rodaja), pomelo.
Legumbres	1 a la semana (60 g)	Todas las legumbres que desee consumir deben permanecer en remojo prolongado y doble cocción.
Verduras	2 al día	Lechuga (5 hojas); cebolla y pimiento (1 pequeña); apio (½ rama); puerro, zanahoria y pepino (1 mediano), rábanos (4 medianos).
Carnes, pescado y huevos	1 o 2 porciones al día	Carnes de pavo, pollo, ternera, conejo, cordero, cerdo. Un máximo de 2 a 3 yemas de huevo a la semana. Pescados blancos y azules.
Líquidos	½ litro	Agua, zumo de limón, té e infusiones suaves.

Tabla adaptada de “Guía de alimentación para pacientes renales” y “Guía de alimentación en pacientes con insuficiencia renal”

Fuente: (Osakidetza, 2013; Patiño et al., 2009)

Por otra parte, una vez que un individuo necesita un tratamiento clínico (pre diálisis, hemodiálisis, diálisis peritoneal y trasplante de riñón) para apalejar las complicaciones provocadas por la insuficiencia renal, este deberá cumplir ciertas condiciones nutricionales, tal como se indica en la Tabla 3.

Tabla 3.

Características nutricionales de una persona con IR según el tipo de tratamiento requerido.

Tratamiento	Objetivo	Característica Nutricional
Pre diálisis	<ul style="list-style-type: none"> - Retrasar el deterioro de los riñones - Evitar el acúmulo de desechos en la sangre 	<p>Calorías: Suficientes para no perder peso</p> <p>Proteínas: Adultos 0,6-0,8g/kg/día, niños consumo normal</p> <p>Azúcar: Poca cantidad</p> <p>Grasa: Poca cantidad</p> <p>Minerales: Fósforo menor de 1000 mg/día, potasio bajo supervisión médica, baja cantidad de sal</p>
Hemodiálisis	<ul style="list-style-type: none"> - Evitar el acúmulo de desechos en la sangre entre sesiones - No ganar peso entre sesiones. - Compensar la pérdida de proteínas y otros nutrientes 	<p>Calorías: Suficientes para no perder peso</p> <p>Proteínas: Adultos: 1-1,2 g/kg/día, niños bajo supervisión médica</p> <p>Azúcares: Poca cantidad</p> <p>Grasa: Poca cantidad</p> <p>Minerales: Fósforo 1200 mg/día, potasio 2200 mg/día, baja cantidad de sal</p> <p>Líquidos: Muy restringida</p>
Diálisis peritoneal	<ul style="list-style-type: none"> - Compensar el aporte de calorías y de proteínas del líquido de diálisis - Evitar el acúmulo de desechos en la sangre 	<p>Calorías: Poca cantidad</p> <p>Proteínas: Adultos 1,2-1,5 g/kg/día, niños bajo supervisión médica</p> <p>Azúcares: Poca cantidad</p> <p>Grasa: Poca cantidad</p> <p>Minerales: Fósforo 1500 mg/día, potasio 2500 mg/día, sal según tolerancia</p>
Trasplante de riñón	<ul style="list-style-type: none"> - Prevenir la obesidad y enfermedades cardiovasculares 	<p>Calorías: Suficientes para mantener el peso normal</p> <p>Proteínas: Adultos: 1 g/kg/día, niños bajo supervisión médica</p> <p>Azúcares: Poca cantidad</p> <p>Grasa: Poca cantidad</p> <p>Minerales: Fósforo sin restricción, potasio bajo supervisión médica, baja cantidad de sal</p> <p>Líquidos: Abundante consumo</p>

Nota: Tabla adaptada de “Guía de alimentación para pacientes renales”

Fuente: (Patiño et al., 2009)

1.2. Lechuga (*Lactuca sativa*)

Según la FAO la lechuga ocupa la cuarta posición dentro de las verduras más producidas, siendo China el mayor productor a nivel mundial con 15 156509 toneladas, equivalente al 56,4 %, seguido por Estados Unidos con 3 836 820 e India con 1 090770 toneladas. A su vez, en Ecuador la producción de lechuga es de 17301 toneladas (FAO, 2017) y las provincias con mayor producción fueron Pichincha seguida por Chimborazo y Tungurahua con 15 575; 1905 y 1030 toneladas respectivamente (INEC, 2016).

La lechuga es una planta herbácea anual, autógama y dicotiledónea, que pertenece a la familia Asterácea (Fajardo, Patiño, Álvarez, & Taborda, 2016) que comprende entre 23 000 y 30 000 especies, y se cree que es la familia de plantas más grande (Noumedem et al., 2017), pues, presenta una gran variedad de colores, texturas y formas. Según la formación de la cabeza y el tipo de tallo de la hoja se han podido definir seis tipos principales de lechuga, estas son: lechuga crujiente (var. *capitata* L. *nidus jaggeri* Helm); lechuga mantecosa (var. *capitata* L. *nidus tenerrima* Helm); lechuga romana o cos (var. *longifolia* Lam., var. *romana* Hort); lechuga de hoja o cortada (var. *acephala* Alef., syn. var. *secalina* Alef., syn. var. *crispa* L.); lechuga de tallo (var. *angustana* Irish ex Bremer, sin. var. *asparagina* Bailey, sin. L. *angustana* Hort. In Vilm.), y lechuga latina (Kim, Moon, Tou, Mou, & Waterland, 2016).

1.2.1. Información nutricional de la lechuga.

La lechuga está constituida por un 96 % de agua, 1,1 g de fibra, 2,2 g de carbohidratos, 1,4 g proteína, y una mínima cantidad de grasa, también es fuente de minerales, vitaminas y compuestos bioactivos como carotenoides y compuestos fenólicos (Tabla 4) por lo que este alimento posee actividad antimicrobiana, antioxidante, neuroprotectora y antiinflamatoria (Fajardo et al., 2016; Noumedem et al., 2017).

Tabla 4.

Información nutricional de cuatro variedades de lechuga

Parámetros		Variedad				
		Crujiente	Mantecosa	Romana	De hoja (Verde)	De hoja (Roja)
Minerales						
Na (mg/g)	PF	0,05 - 0,30	0,05	0,04 - 0,32	0,04 - 1,4	0,05 - 2,2
	PS	1,0 - 6,0	1,0	0,8 - 4,1	0,8 - 28,0	1,0 - 44,0
K (mg/g)	PF	2,7 - 4,4	2,4 - 3,2	2,7 - 4,4	2,4 - 6,0	2,5 - 6,5
	PS	53,7 - 87,6	48,0 - 72,0	53,7 - 87,6	48,0 - 120,0	50,0 - 130,0
Ca (mg/g)	PF	0,2 - 0,4	0,2 - 0,4	0,2 - 0,4	0,2 - 0,8	0,2 - 0,5
	PS	4,0-8,0	4,0-8,0	4,0-8,0	4,0-16,0	4,0-10,0
Fe (mg/g)	PF	4,1	5,0	NR	NR	NR
	PS	82,0	100,0	NR	NR	NR
Vitaminas						
Vitamina B ₉ (μg/g)	PF	0,3	0,3 - ,07	0,3 - 2,2	0,4 - 0,7	0,4 - 1,3
	PS	6,0	6,0 - 14,0	6,0 - 44,0	8,0 - 14,0	8,0 - 26,0
Vitamina E (μg/g)	PF	1,8-2,2	1,8-7,6	1,3-5,5	2,2-7,4	1,5-2,4
	PS	36,0-44,0	42,5-152,0	26,0-110,0	44,0-147,0	30,0-47,3
Vitamina C (μg/g)	PF	28,0 - 42,0	37,0 - 99,0	28,0 - 109,0	71,0 - 302,0	37,0 - 146
	PS	560,0 - 840,0	1220,0 - 1980,0	560,0 - 2184,0	1300,0 - 6040,0	740,0 - 2920
Carotenoides						
β-Caroteno (μg/g)	PF	1,1 - 13,6	6,3 - 55,3	10,5 - 52,0	6,1 - 56,9	10,1 - 10,5
	PS	42,0 - 420,0	132,0 - 1106,0	2,0 - 1245,0	444,0 - 1044,0	121,0 - 646,0
Luteína (μg/g)	PF	1,3 - 24,0	5,4 - 69,0	7,7 - 54,3	8,5 - 46,0	11,4 - 30,0
	PS	45,0 - 480,0	154,0 - 1716,0	154,0 - 1220,0	169,0 - 877,0	201,0 - 900,0
Zeaxantina (μg/g)	PF	0,8 - 2,7	1,0 - 2,4	NR	0,7 - 1,9	2,0
	PS	16,0 - 53,0	19,0 - 47,0	NR	14,0 - 38,0	40,0
Compuestos fenólicos						
Ácidos fenólicos (μg/g)	PF	0,05 - 0,2	0,52 - 1,0	0,03 - 0,45	0,42 - 1,0	0,18 - 17,6
	PS	0,1 - 0,4	10,3 - 20,0	0,6 - 0,9	8,4 - 20,0	3,5 - 352,0
Flavonoides (μg/g)	PF	0,01	0,062 - 0,2	0,02 - 0,17	0,2	0,04 - 1,8
	PS	0,2	1,2	3,4	0,4	36,0
Antocianinas (μg/g)	PF	ND	0,1 - 0,2	0,3 - 104,0	ND	0,02 - 1,0
	PS	NR	2,0 - 4,2	0,6 - 2080,0	NR	0,2 - 20,0
Fenoles totales (μg/g)	PF	0,2 - 0,5	0,8 - 2,3	0,2 - 2,8	1,1 - 1,7	0,3 - 6,5
	PS	4,0 - 10,0	16,0 - 46,2	4,0 - 56,4	21,0 - 34,7	6,0 - 130,0

Nota: Tipo de hoja verde (Incluye var. *crispa*); PF (peso fresco); PS (peso seco); NR (no reportado); ND (no detectado)

Fuente: (Kim et al., 2016)

1.2.2. Cuantificación físico-química de la lechuga

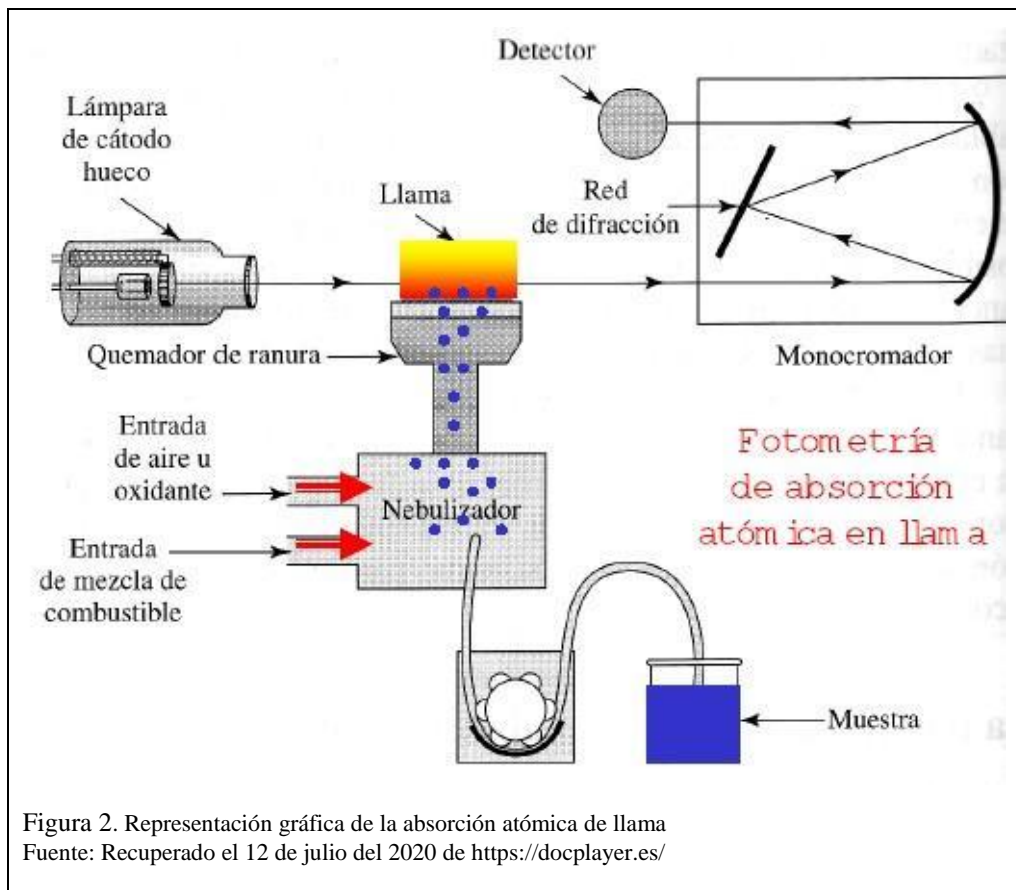
a. Calidad comercial

La calidad comercial de alimentos comprende los conjuntos de factores organolépticos, morfológicos, nutricionales, funcionales y microbiológicos que debe cumplir un producto para satisfacer las necesidades del consumidor y garantizar la inocuidad alimentaria (Lacaze, 2011). Para asegurar dicha calidad, se han empleado parámetros físico-químicos tales como: el tamaño y peso que conforman y caracterizan la forma de la hortaliza o fruto (Domene R & Segura R, 2014); el color es un indicador de madurez o descomposición y es interpretado por el espacio de color CIELAB, que es un sistema cartesiano de 3 ejes. El eje L* (luminosidad) y va de 0 (negro) a 100 (blanco) y los ejes a* y b*, que representan variación entre el color rojizo-verdoso, y amarillento-azulado, respectivamente (Césari, Stefanoni, & Ventre, 2018; Oliag, 2017); el potencial hidrógeno (pH) es una escala que va del 1 al 14 y determina si el alimento es ácido o alcalino (Reardon & Troxler, 2008); el porcentaje de acidez titulable está dada en función del contenido de ácido orgánico (ácidos cítrico, málico y tartárico) (Rodríguez, Ortega-Toro, & Piñeros-Castro, 2018); el porcentaje de humedad se encuentra relacionado con el contenido de agua presente en los alimentos pudiéndose encontrar en forma de agua libre y agua ligada, siendo el agua libre la que se libera con mayor facilidad mediante secado o evaporación (García & Fernández, 2013) y la ceniza en alimentos se encuentra constituida por el residuo inorgánico resultante de la quema de toda la materia orgánica y está relacionada con la cantidad total de minerales presentes en el alimento (Soria, 2014).

b. Cuantificación de minerales

La cuantificación de minerales se puede realizar empleando diferentes técnicas como la fluorimetría que se utiliza para determinar elementos traza u oligoelementos en material biológico y en alimentos, debido a que algunos metales se pueden transformar en complejos

orgánicos asociados con iones o quelatos fluorescentes capaces de absorber luz de una longitud de onda y en su lugar emitir luz de otra longitud de onda que es proporcional a la concentración del analito (FAO, 2020). El método de microsonda electrónica facilita el análisis químico cuantitativo de volúmenes muy pequeños de minerales cuyo número atómico sea mayor que 3, es decir, desde el berilio hasta el uranio, utilizando la emisión característica de rayos X para obtener mapas de composición mostrando la distribución de un elemento en un área de interés (Melgarejo, Proenza, Galí, & Llovet, 2010). La técnica de difracción de rayos X se caracteriza por que el mineral debe tener una determinada estructura cristalográfica, ya que la información obtenida de la interacción entre los cristales y rayos X, se basa en la difracción producida por un conjunto de átomos en un arreglo ordenado (Betancourth, Gómez, Mosquera, & Tirado-Mejía, 2010). La espectrometría infrarroja permite la determinación de grupos funcionales que conforman un mineral determinado, a partir del análisis de espectros de absorción, transmisión o reflexión en la región espectral especificada (FAO, 2020). Así, la técnica más empleada es espectrofotometría de absorción atómica de llama que es una técnica analítica que mide las concentraciones de elementos químicos haciendo uso de la propiedad de absorción de luz de los elementos, lo cual permite calcularla concentración (Ahmed, 2012; Beaty & Kerber, 1978). Los espectrómetros de absorción atómica tienen 4 componentes principales (Figura 2), una fuente de luz (usualmente una lámpara de cátodo hueco), una celda atómica (atomizador), un monocromador y un detector y dispositivo de lectura (Ahmed, 2012).



c. Cuantificación de compuestos bioactivos

Los alimentos de origen vegetal, además de aportar macro y micronutrientes, contienen sustancias que no poseen función nutricional, sin embargo proporcionan beneficios a la salud y estos compuestos son denominados como bioactivos o fitoquímicos (Chalé, Ancona, & Campos, 2014; Martínez, Camacho, & Martínez, 2008).

Por sus propiedades antioxidantes, el consumo de estos compuestos bioactivos como por ejemplo carotenoides, compuestos fenólicos, vitamina E, vitamina C, entre otros se encuentran asociados con la reducción de riesgos de enfermedades crónicas (Kim et al., 2016), debido a que, el deterioro renal progresivo se asocia con un aumento del estrés oxidativo (Chen & Siriki, 2015). Los carotenoides en la dieta pueden proporcionar un papel beneficioso, un estudio que hace relación entre la ingesta dietética de carotenoides y la función renal durante cinco años, encontró que los niveles de carotenoides séricos más altos estaban inversamente asociados con

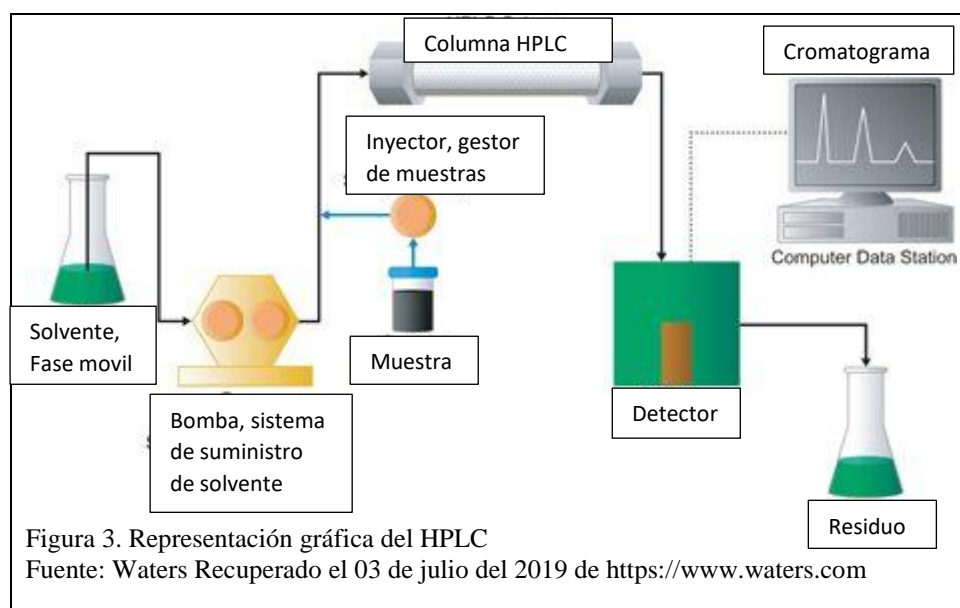
la disminución de la función renal y proporcionó información sobre cómo la dieta podría desempeñar un papel en prevención de enfermedades renales crónicas (Hirahatake et al., 2019), así mismo, Browne et al., (2019) sugieren que la subclase de xantofila contribuye significativamente a los efectos beneficiosos de retrasar la ERC. Por otra parte, se ha descubierto que el consumo de antioxidantes polifenólicos proporciona protección contra el estrés oxidativo excesivo, la inflamación y las lesiones tisulares, mejorando así la función renal y cardíaca en ratas (Mamun et al., 2020). Además, la vitamina C actúa como antioxidante, participa en la biosíntesis de colágeno, noradrenalina y carnitina y tiene el potencial de mejorar la absorción de hierro no hemo y alterar el metabolismo del hierro de las reservas de tejido. A su vez, los pacientes en diálisis exhiben un bajo nivel de vitamina C en plasma, que está relacionado en gran medida con un aumento de la inflamación, anemia refractaria, estrés oxidativo e hiperparatiroidismo secundario, y puede generar anemia, esto se puede remediar con la administración de vitamina C suplementaria contribuyendo al suministro necesario de hierro (Handelman, 2011; Zhang, 2014).

En este contexto existen varias técnicas para cuantificar dichos compuestos, sin embargo las más comunes emplean la espectrofotometría y cromatografía líquida.

La espectrofotometría UV-visible se basa en la capacidad de las moléculas para absorber radiaciones electromagnéticas que resultan de una excitación de los electrones de niveles de energía más bajos a más altos, cada molécula tiene una serie de estados excitados que la distingue del resto de moléculas lo que permite cuantificar la concentración de los componentes en un extracto líquido (Díaz et al., 1984; Morisawa, Tanabe, & Ozaki, 2018).

Por otra parte, la técnica de cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) es utilizada en la separación de los componentes no volátiles en una mezcla líquida. Esta técnica se fundamenta en la separación de los componentes a través de una fase estacionaria que es un sólido por medio de una fase móvil que es un líquido y que permite el transporte de las moléculas a separar. Las

técnicas cromatográficas consisten de una serie de partes tales como: un reservorio de solventes, columna de separación, bomba binaria o cuaternaria, lazo de inyección y una gama de detectores (índice de refracción, UV-Vis, UV-Vis-DAD, fluorescencia, Masas, entre otros) que permiten captar la señal analógica del proceso de separación de componentes y un convertidor de señal analógica a digital (Figura3) (Malviya, Bansal, Pal, & Shharma, 2010).



1.3.Cultivos hidropónicos

El suelo es el medio de cultivo con mayor área de superficie disponible para las plantas, proporciona anclaje, nutrientes, aire y agua para un buen desarrollo de las mismas (Sardare & Admane, 2015). Un suelo en buenas condiciones es importante para la obtención de alimentos de calidad para garantizar la seguridad alimentaria (Spanner & Napolitano, 2015). Sin embargo, los suelos pueden presentar serias limitaciones que dificultan el cultivo, estas son: la presencia de organismos y nematodos causantes de enfermedades, reacción inadecuada del suelo, compactación desfavorable, drenaje deficiente y erosión. (Sardare & Admane, 2015). A todo esto se suma el crecimiento poblacional lo que ha reducido la superficie de cultivo y el uso plaguicidas que son los causantes del deterioro de la materia orgánica presente en el suelo

afectando directamente a la fertilidad y provocando la contaminación del suelo y de los alimentos (Del Puerto, Suárez, & Palacio, 2014).

Por otra parte, ciertos cultivos como las verduras, hortalizas y ciertas frutas pueden sufrir contaminación debido a la presencia de microorganismos perjudiciales que se encuentran en el suelo, los cuales provocan focos infecciosos en el ser humano. Así, en los cultivos de hortalizas se encuentran *Shigella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Aeromonas hydrophila*, *Clostridium botulinum* y *C. perfringens*, *Salmonella*, *Escherichia coli*, además, las verduras podrían participar en el ciclo de vida de helmintos y protozoos que pueden afectar el equilibrio nutricional de los individual, causando complicaciones significativas como obstrucción intestinal y prolapso rectal en humanos (Coyago-Cruz et al., 2018). Estas contaminaciones alimentarias, acompañadas del mal uso de plaguicidas podrían provocar afecciones en pacientes con ciertas patologías como la insuficiencia renal, ya que el organismo no podría depurar dichos contaminantes, además, los plaguicidas son fuentes de metales pesados como el plomo y cadmio que son particularmente nefrotóxicos y causan efectos directos sobre el riñón (Sabath & Robles-Osorio, 2012).

Una técnica alternativa para cultivos exentos de microorganismos podría ser la hidroponía que libera el cultivo de plantas del suelo y, por lo tanto, de todos los problemas relacionados con él, tales como el agotamiento del suelo, enfermedades, salinización por el exceso de fertilizantes, falta de lluvia, rotación de cultivos entre otras (Di Lorenzo, Pisciotta, Santamaria, & Scariot, 2013).

La hidroponía proviene de las palabras griegas *Hydro* y *Ponos* que traducidas significan “trabajo en agua”, por lo que es definida como una técnica de cultivo que reemplaza el uso de suelo por una solución nutritiva compuesta por agua y nutrientes minerales para el desarrollo de la planta (López-Elías, 2018).

El cultivo hidropónico emplea una solución nutritiva la cual es un medio acuoso que contiene principalmente iones inorgánicos de sales solubles de elementos esenciales para que las plantas tengan un correcto desarrollo, estos elementos cumplen un papel fisiológico y la ausencia impide el ciclo de vida completo de la planta. Actualmente 17 elementos son considerados esenciales para que la mayoría de las plantas tengan un correcto desarrollo, estos son: nitrógeno, potasio, fósforo, calcio, magnesio y azufre que son considerados macronutrientes (Rajasekar, Associate, Nandhini, & Balakrishnan, 2017); hierro, cobre, zinc, manganeso, molibdeno, boro, cloro y níquel que son considerados micronutrientes y finalmente carbono, hidrógeno y oxígeno, (Trejo & Gómez, 2012). Los macronutrientes son los elementos más requeridos en un programa de fertilización de cultivos favoreciendo el correcto desarrollo de la planta (Rajasekar et al., 2017), mientras que los micronutrientes son absorbidos y consumidos por las plantas en menor cantidad respecto a los macronutrientes (Tripathi et al., 2015). En la Tabla 5 se presenta la forma iónica en la que estos elementos son asimilados por la planta y el rango común de los macronutrientes.

Por otra parte, no solo los minerales son importantes dentro de las soluciones nutritivas, sino también el rango de pH, el cual debe estar entre 5.5 a 6.5 (Sardare & Admane, 2015).

Tabla 5.

Macro y micronutrientes, forma iónica asimilada y concentración recomendada

Elemento	Símbolo	Forma iónica asimilada	Concentración (mg/mL)
Macronutrientes			
Nitrógeno	N	NO_3^- , NH_4^+	100 a 250
Fósforo	P	HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , PO_4^{3-} ,	30 a 50
Potasio	K	K^+	100 a 300
Calcio	Ca	Ca^{2+}	80 a 140
Azufre	S	SO_4^{2-}	5 a 120
Micronutrientes			
Magnesio	Mg	Mg^{2+}	30 a 70
Cobre	Cu	Cu^{2+}	0,08 a 0,2
Manganeso	Mn	Mn^{2+}	0,5 a 1,0
Zinc	Zn	Zn^{2+}	0,3 a 0,6
Hierro	Fe	Fe^{2+} , Fe^{3+}	1,0 a 3,0
Molibdeno	Mo	MoO_4^{2-}	0,04 a 0,08
Boro	B	$\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$, BO_3^{2-} ,	0,2 a 0,5
Cloro	Cl	Cl^-	< 75
Sodio	Na	-	< 50

Fuente: SmartFertilizer. Recuperado el 2 de julio de 2019 de:

<https://www.smartfertilizer.com/es/articles/hydroponic-nutrient-solutions>

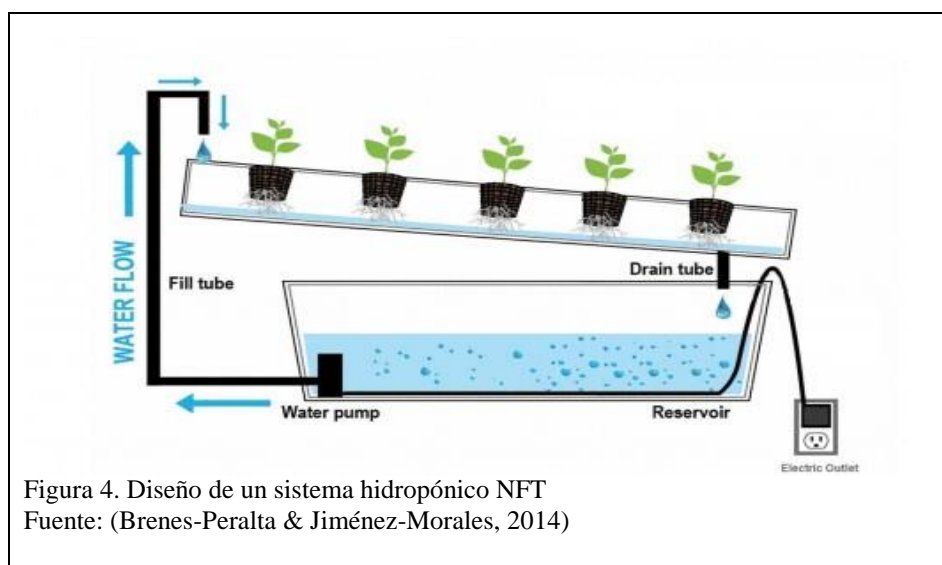
Por tanto, el cultivo hidropónico presenta la ventaja de requerir menor número de horas de trabajo y ser un sistema que se adapta a cualquier superficie no tradicional de cultivo, tampoco requiere la rotación de cultivos y reduce la pérdida de agua, la afección de malezas y la aplicación de agroquímicos. A su vez, presenta desventajas como su elevado costo inicial,

además requiere conocimientos de fisiología y nutrición de plantas para evitar desbalances nutricionales que causan un efecto inmediato en el cultivo (Gilsanz, 2007) .

Por otra parte, los sistemas hidropónicos se clasifican en: sistema hidropónico NFT, sistema de raíz flotante, aeroponía y acuaponía. A continuación, se describe cada uno de los sistemas hidropónicos mencionados.

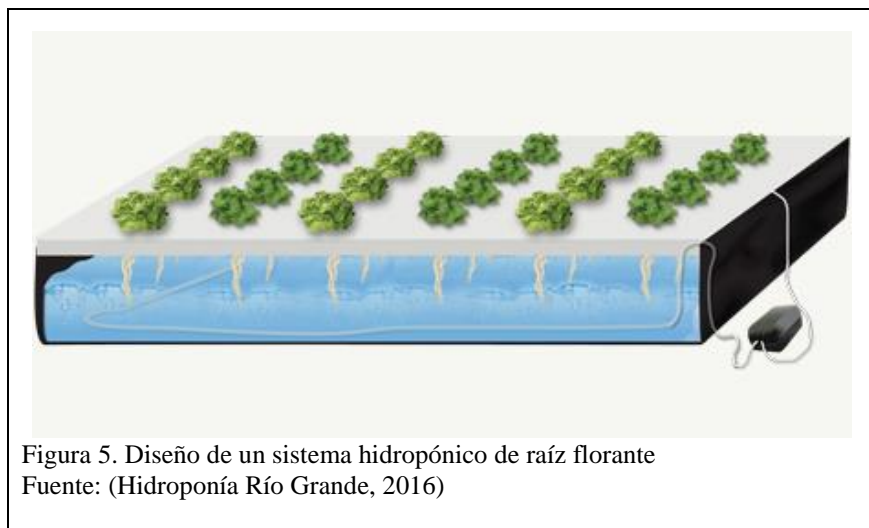
1.3.1. Sistema hidropónico NFT

Conocido como técnica de la película de nutriente, las plantas crecen sobre una lámina de agua en continuo movimiento, y enriquecida con soluciones nutritiva (Mohammed, 2018) reduciendo el consumo de agua y evitando la aplicación de pesticidas (Jordan, Ribeiro, Oliveira, Geisenhoff, & Martins, 2018), lo que evitará el ingreso de minerales adicionales presentes en los pesticidas.



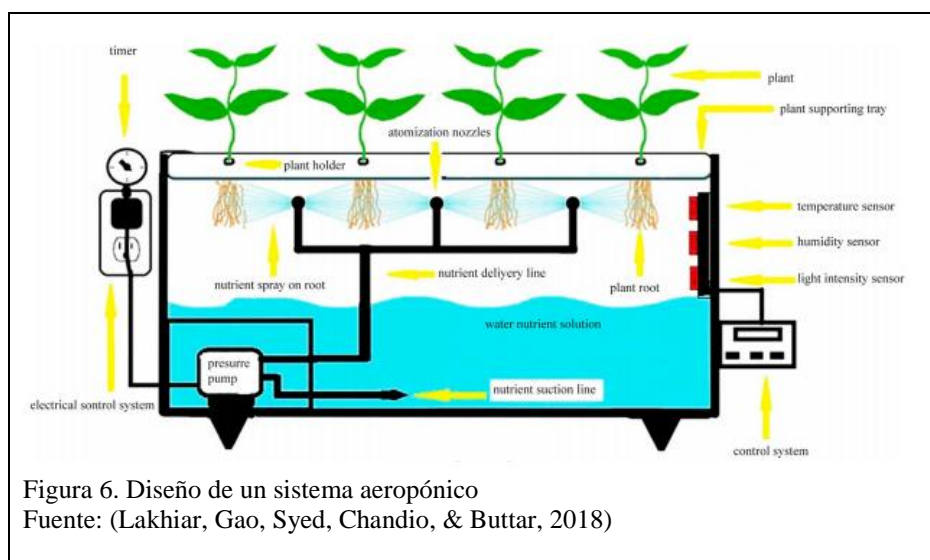
1.3.2. Raíz flotante

En el sistema de raíz flotante toma ese nombre debido a que la parte aérea (tallo, hojas, etc.) se encuentra sostenida por algún medio que se encuentra flotando sobre la solución nutritiva, mientras las raíces permanecen sumergidas en la solución nutritiva (Gutierrez, 2010).



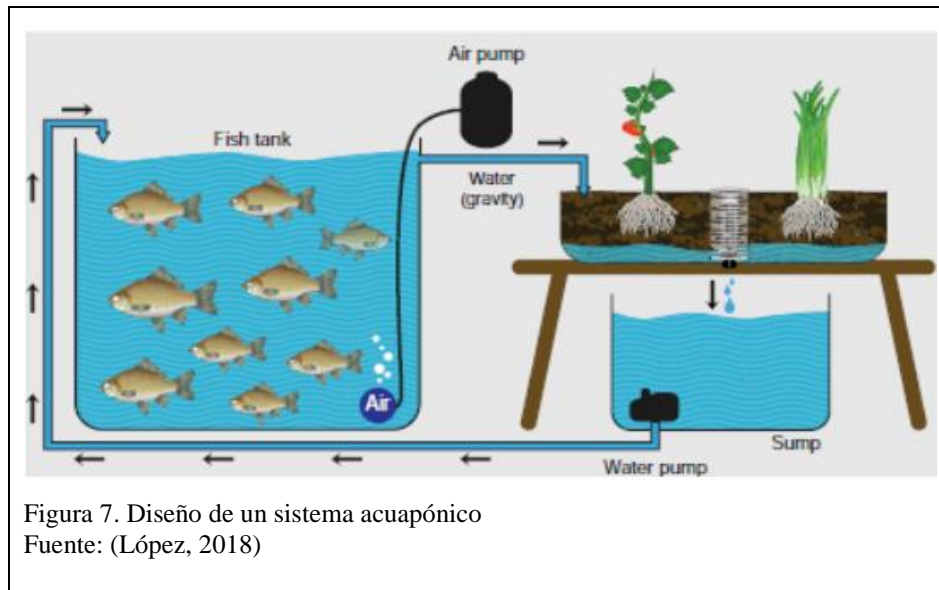
1.3.3. Aeroponía

La aeroponía es una técnica que se realiza en un ambiente controlado de aire o niebla sin el uso de suelo o un medio agregado. Esta técnica consiste en encerrar el sistema radicular en una cámara oscura y suministrar una solución nutritiva de dispositivo de niebla (Gopinath, Vethamoni, & Gomathi, 2017).



1.3.4. Acuaponía

La acuaponía es una combinación entre la hidroponía y acuicultura. En estos sistemas integrados, los nutrientes que son excretados por los peces o generados por la actividad microbiana son absorbidos por plantas cultivadas hidropónicamente, tratando así el agua antes de ser reciclada al acuario (Maucieri et al., 2018).



Capítulo 2

Materiales y métodos

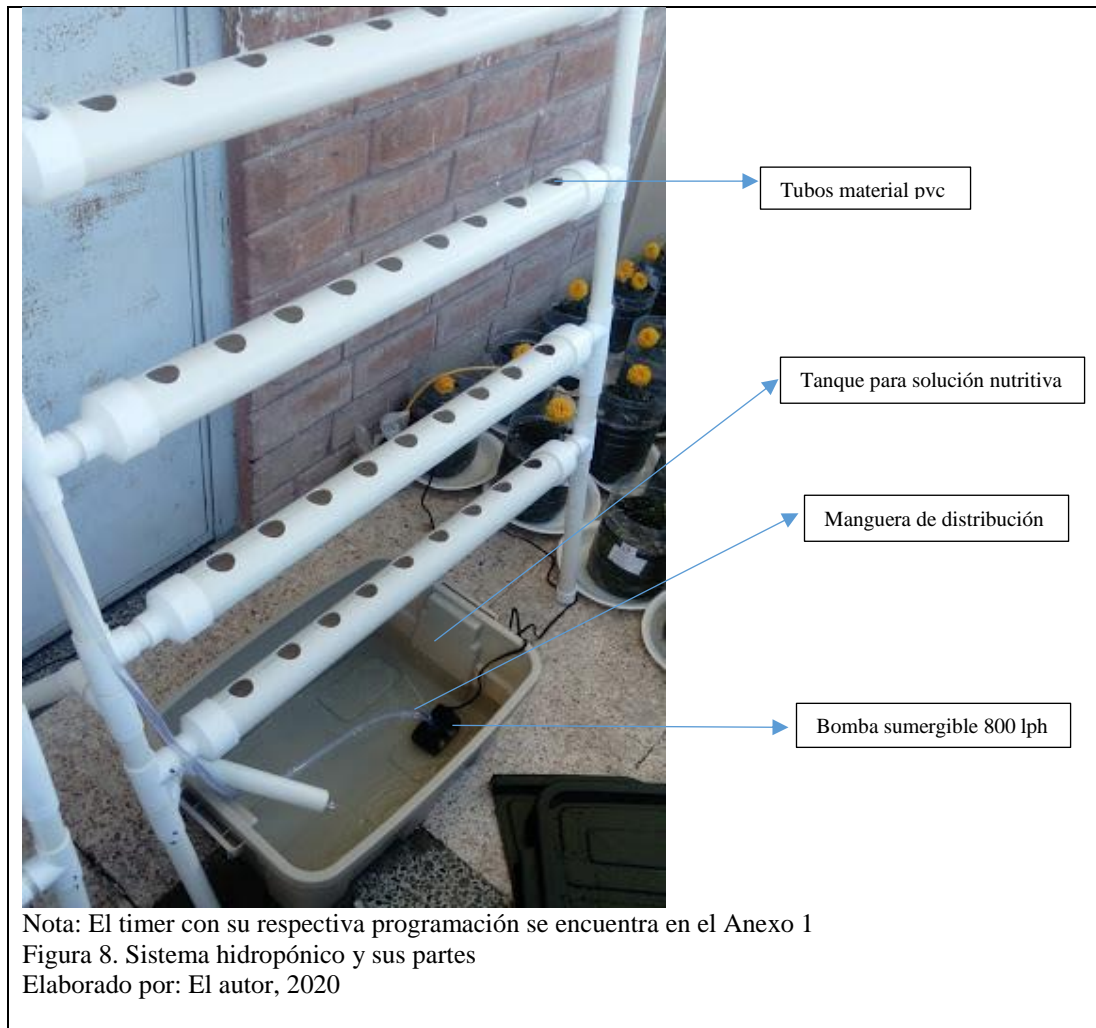
2.1. Metodología

La investigación se realizó en la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito campus Girón, ubicada en la Av. 12 de Octubre y Wilson (0°12'29.8"S; 78°29'15.0"W), en los laboratorios de Ciencias de la Vida. La etapa de cultivo se realizó en las calles Fray Leonardo Murialdo y Yerovi (0°07'43.8"S; 78°27'50.4"W) ubicadas en el sector El Edén, cantón Quito, provincia de Pichincha.

2.1.1. Implementación de un sistema hidropónico NFT bajo un diseño factorial 2x2

a. Instalación y automatización de los sistemas hidropónicos

Para llevar a cabo la investigación se instalaron cuatro sistemas hidropónicos NFT de material pvc adquiridos en una casa comercial ubicada en la ciudad de Quito (Capitán Ramón Borja Oe2-81 y Galo Plaza Laso). Para un control automático de los sistemas, se realizó la automatización de los mismos con la ayuda de una bomba de agua sumergible (800 lph) para la distribución de la solución nutritiva y un timer para programar los tiempos de riego que duraron 15 minutos y se realizaron a las 7:00, 9:00 y 11:00 am, 12:00, 13:00, 15:00, 17:00 y 21:00 pm (Anexo 1). Si bien es cierto en la noche las plantas no realizan fotosíntesis, sin embargo, se programó un riego para evitar que la solución nutritiva se cristalice debido a las bajas temperaturas de la noche. En la Figura 8 se presenta los componentes de los sistemas hidropónicos.



b. Diseño factorial

Se estableció un diseño factorial 2 x 2, donde:

Factor 1: Soluciones comerciales (Solución comercial 1 y solución comercial 2)

Factor 2: Concentración sodio (0 % y 100 %). Cuando el porcentaje de sodio es nulo, se utiliza el potasio en concentración recomendada por las casas comerciales y cuando se incorpora el sodio a la solución nutritiva se elimina el potasio presente en la solución.

Tabla 6.

Diseño factorial

	Concentración 1	Concentración 2
Solución 1	T1	T2
Solución 2	T3	T4

Elaborado por: El autor, 2020

Tratamientos: 4

T1: Sol. 1 * Na 0 % K 100 %

T2: Sol. 1 * Na 100 % K 0 %

T3: Sol. 2 * Na 0 % K 100 %

T4: Sol. 2 * Na 100 % K 0 %

El diseño experimental se realizó empleando 30 repeticiones por cada tratamiento y para corroborar la información obtenida la experimentación se repitió por tres temporadas diferentes (Septiembre – Octubre del 2019, Octubre – Diciembre del 2019 y Enero – Febrero 2020). Sin embargo, en este trabajo solo se reportan los datos de las dos temporadas debido a las dificultades experimentales presentadas por la pandemia del Covid-19. La comparación de las características físico-químicas evaluadas en el diseño experimental, se realizó mediante una muestra (T0) que correspondió a una lechuga hidropónica de marca comercial.

c. Preparación de soluciones nutritivas

Las soluciones nutritivas fueron adquiridas en dos casas comerciales y cada solución estuvo conformada por tres pre soluciones concentradas de nutrientes (Tabla 7).

Tabla 7.

Pre-soluciones que conforman una solución nutritiva

Soluciones Recomendadas		
Soluciones	Aporte	Minerales
A	Macronutrientes	N, P, K
B	Micronutrientes	S, Mg, Mn, Fe, Cu, Mo, B, Zn
C	Macronutrientes	N, Ca

Elaborado por: El autor, 2020

La presentación de la solución nutritiva de la casa comercial 1 fue en sales minerales y para su formulación se siguió la guía de formulación (Anexo 2), donde, para preparar 500 mL de pre solución A concentrada perteneciente al T1 se diluyó 4,01 g de urea, 42,69 g de nitrato de potasio y 15,65 g de fosfato mono amónico en 300 mL de agua destilada y se aforó a 500 mL; para preparar la pre solución B concentrada se disolvió 2,61 g de micronutrientes (formulación propia de la casa comercial) en 60 mL de agua destilada, a continuación se disolvió 32,21 g de Sulfato de magnesio y 2,37 g de hierro quelatado en 150 mL, a esta solución se agregó 24 mL de micro nutrientes y se aforó a 300 mL; para la pre solución C concentrada se disolvió 55,32 g de nitrato de calcio en 300 mL y se aforó a 500 mL. Las pre soluciones B y C del T2 se formuló de la misma manera, sin embargo, se realizó una modificación en la pre solución A, donde, no se adicionó los 42,69 g de nitrato de potasio.

La presentación de la solución nutritiva de la casa comercial 2 en sales minerales (mezcla recomendada por la casa comercial). La pre solución A del T3 se formuló mediante la dilución de 31,12 g de una mezcla que contenía sulfato de potasio, fosfato mono amónico y nitrato de amonio en 500 mL, la pre solución B de micronutrientes fue formulación propia de la casa comercial, y la pre solución C se diluyó 44 g de nitrato de calcio en 500 mL. La pre solución A del T4 se formuló con 28,6 g de una mezcla de fosfato mono amónico y nitrato de amonio, la pre solución B y C fueron las mismas que el T3.

Las casas comerciales proveedoras de las soluciones nutritivas recomendaron utilizar 5 mL de la pre solución A y C y 2 mL de la pre solución B por cada litro de solución. Así, se preparó 30 L de solución nutritiva para los cuatro tratamientos, utilizando 150 mL de la pre solución A, 150 mL de la pre solución C y 60 mL de la pre solución B. En la Tabla 8 se puede observar las concentraciones de las diferentes soluciones. Una vez formuladas los 30 L de solución nutritiva, en los tratamientos 2 y 4 se incorporó 24,7 mg de cloruro de sodio NaCl para aportar sodio e intentar suplir la deficiencia de potasio, finalmente se comprobó que el rango de pH en la solución nutritiva sea de 5,5 a 6,5.

Tabla 8.

Soluciones nutritivas de los diferentes tratamientos

Elemento	T1 (ppm)	T2 (ppm)	T3 (ppm)	T4 (ppm)
Nitrógeno	190	121	200	200
Fósforo	35	35	100	100
Potasio	210	0	120	0
Calcio	150	150	113	113
Magnesio	45	45	104	104
Azufre	70	70	57	57
Hierro	1	1	1,5	1,5
Manganeso	0,5	0,5	1	1
Zinc	0,15	0,15	0,4	0,4
Boro	0,5	0,5	0,13	0,13
Cobre	0,1	0,1	0,4	0,4
Molibdeno	0,05	0,05	0,03	0,03
Sodio	0	0,5	0	0,5

Elaborado por: El autor, 2020

d. Etapa de cultivo

Una vez que se automatizaron los sistemas hidropónicos y se formularon las diferentes soluciones nutritivas, se procedió a realizar el cultivo de 30 plántulas de lechuga por cada tratamiento obtenidas en una casa comercial ubicada en la parroquia de Nayón. Las plántulas cumplieron características como: tener una altura entre 6 y 8 cm y un número de hojas entre 4 y 6 (Figura 9). Para realizar el cultivo se limpió la raíz en agua destilada, se envolvió en una esponja y se colocó dentro de un vaso hidropónico para ser introducido dentro del sistema.



2.1.2. Análisis de parámetros físico – químicos de la especie en estudio

a. Desarrollo vegetativo

Se cuantificó durante 5 semanas el número de hojas y la altura de las mismas con la ayuda de una cinta métrica (Figura 10). Transcurridas 5 semanas se cosechó la lechuga y se procedió a evaluar el peso utilizando una balanza analítica Mettler Toledo ML204T/00 (Mettler Toledo, España) y se midió con una cinta métrica el largo de la planta que incluyó el tamaño de la raíz y de las hojas. Además, en la muestra fresca se analizó parámetros físico-químicos (Anexo 3).



Figura 10. Evaluación de desarrollo vegetativo con cinta métrica
Elaborado por: El autor, 2020

b. Color

Los parámetros de color correspondientes al espacio de color uniforme CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^*_{ab} y h_{ab}) y fueron evaluados con un colorímetro CR-400 de la marca Konica Minolta (Konica Minolta Sensing Americas, Inc., Estados Unidos). El procedimiento de cuantificación siguió el protocolo descrito por Coyago-Cruz et al., (2019).

c. Sólidos solubles

Para la evaluación de sólidos solubles se utilizó la norma AOAC Official Method 932.14 Solids in Syrups (AOAC International, 2005), para lo cual se trituró en un mortero una hoja de lechuga con el fin de extraer una gota de extracto, la cual se analizó con la ayuda de un refractómetro manual Hitech (Hitech RHB-32ATC, Estados Unidos).

d. pH

Se preparó un extracto de 1 g de lechuga con 5 mL de agua destilada y se cuantificó el pH con la ayuda de un potenciómetro (Mettler Toledo SevenMulti, España)(Carrillo & Valdés, 2016).

e. Acidez titulable

Un gramo de muestra macerada con 10 g de agua destilada y 3 gotas de fenolftaleína, se tituló con una solución valorada de hidróxido de sodio (NaOH) tal como se recomienda en la norma AOAC Official Method 942.15 Acidity (Titratable) of Fruit Products (Fssai, 2015). La cuantificación se realizó aplicando la Ecuación 1.

$$\% \text{ de acidez} = \frac{\text{mL NaOH} * N_{\text{NaOH}} * \text{meq. Ácido} * \text{Factor de dilución} * 100}{\text{g o Vol. jugo} * \text{mL muestra titulada}} \quad \text{Ecuación 1}$$

f. Porcentaje de humedad

En una placa Petri previamente lavada, tarada y etiquetada se pesó 1 gramo de muestra de los tratamientos 1 y 3 y 0,5 g de los tratamientos 2 y 4. A continuación, se colocaron en una estufa (Memmert Be 20, Memmert GmbH + Co.KG, España), a una temperatura de 121°C durante 4 horas, luego de este tiempo se colocó en un desecador durante 30 minutos y finalmente se pesó. El cálculo de humedad se realizó aplicando la Ecuación 2.

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} * 100 \quad \text{Ecuación 2}$$

g. Porcentaje de cenizas

Se pesó en crisoles previamente lavados y estabilizados 1 g de muestra de los tratamientos 1 y 3; y 0,5 g de los tratamientos 2 y 4. A continuación se colocó en una mufla (Thermolyne, Thermo Fisher scientific, Ecuador), a 550 °C hasta que la muestra tomó una coloración blanquecina. Los crisoles se introdujeron en un desecador durante 30 minutos antes del pesaje final y para la cuantificación se utilizó la Ecuación 3

$$\% \text{ de ceniza en base seca} = \frac{\text{peso de cenizas}}{\text{peso de muestra fresca}} * 100$$

Ecuación 3

h. Contenido de minerales

Para la cuantificación de minerales por absorción atómica, todo el material de vidrio fue lavado con agua y jabón, seguido de un enjuague con agua desionizada y a continuación se procedió a lavar con ácido nítrico al 6,5 % y finalmente se volvió a enjuagar 4 veces con agua desionizada. El material de plástico se lavó con agua y jabón, seguido de un enjuague con acetona y agua desionizada, a continuación, se procedió a dejarlos en remojo con ácido nítrico 0,1 M durante 30 minutos y finalmente se enjuagó con agua desionizada.

Las muestras se liofilizaron durante una semana en un liofilizador Christ alpha 1-4 LDplus (Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH, Alemania), a continuación, se procedió a moler con la ayuda de un mortero hasta polvo. Una vez obtenido el polvo liofilizado se procedió a realizar 3 grupos de 10 muestras seleccionadas al azar de cada tratamiento (Tabla 9) y se colocó en frascos ámbar de 30 mL de capacidad.

Tabla 9.

Conformación de grupos de muestras liofilizadas de lechuga

Primera temporada de cultivo			Segunda temporada de cultivo		
Tratamiento	Grupo	Muestra	Tratamiento	Grupo	Muestra
1	1	1,3,4,6,8,10,11,1 2,18,21	1	1	2,3,4,8,9,11,15,17, 19,20
	2	5,9,13,14,15,16,2 2,23,24,29		2	1,6,7,13,14,18,22,2 3,24,30
	3	2,7,17,19,20,25,2 6,27,28,30		3	5,10,12,16,21,25,2 6,27,28,29
2	1	2,5,11,12,13,15,2 1,25,26,29	2	1	2,9,11,15,17,21,24, 25,26,27
	2	3,4,8,9,14,16,18, 24,27,28		2	3,4,5,8,10,14,20,22 ,28,30
	3	1,6,7,10,17,19,20 ,22,23,30		3	1,6,7,12,13,16,18,1 9,23,29
3	1	6,11,12,16,19,22, 23,26,28,30	3	1	5,12,14,15,21,22,2 3,24,27,30
	2	1,3,5,8,9,14,15,2 0,24,27		2	3,4,9,11,13,16,17,1 9,20,25
	3	2,4,7,10,13,17,18 ,21,25,29		3	1,2,6,7,8,10,18,26, 28,29
4	1	1,6,11,18,19,20,2 2,25,26,29	4	1	1,2,3,5,6,13,14,17, 18,23
	2	2,4,7,8,10,12,14, 23,24,30		2	4,7,8,9,12,16,19,22 ,26,30
	3	3,5,9,13,15,16,17 ,21,27,28		3	10,11,15,20,21,24, 25,27,28,29

Elaborado por: El autor, 2020

La determinación de minerales mediante absorción atómica (Anexo 4) se realizó en dos partes. La primera fue la digestión ácida mediante un sistema de reflujo, en donde se colocó 300 mg de muestra liofilizada y 5 mL de ácido nítrico al 65 % durante 2 horas, esta técnica fue adaptada del manual del microondas digestor Berghof Speedwave Two, (2006). Una vez culminada la digestión se procedió a aforar en 25 mL con agua desionizada y se guardó en frascos de orina previamente lavados hasta la respectiva cuantificación.

Los parámetros de cuantificación de potasio y sodio se establecieron utilizando el manual del equipo Varian spectrAA 55b atomic absorption spectrometer, (1989).

Para la elaboración de la curva de calibración de potasio se utilizó:

- 8 mL del estándar Accustandard AA43N-1 Potassium (1000 µg/mL) y se aforó a 10 mL con agua desionizada para obtener una concentración de 800 µg/mL
- 7,5 mL del estándar concentrado y se aforó en 25 mL con agua desionizada para tener una solución madre de 300 µg/mL y generar estándares de 10, 50 y 100 µg/mL, mediante diluciones de 0,333/10, 1,666/10 y 3,33/10 respectivamente

Para la elaboración de la curva de calibración de sodio se utilizó:

- 1,25 mL del estándar Accustandard AA54N-1 Sodium (1000 µg/mL) y se aforó a 25 mL de agua desionizada para preparar una solución madre de 50 µg/mL.
- A partir de la solución madre se preparó los estándares de 2, 5, 10, 20 y 30 µg/mL, mediante diluciones 0,4/10, 1/10, 2/10, 4,/10 y 6/10 respectivamente

La lectura del potasio fue a una longitud de onda de 404,4 nm en un rango de trabajo de 15-800 µg/mL, mientras que, el sodio se leyó a una longitud de onda de 330,3 nm en un rango de trabajo de 2 a 400 µg/mL, además, para la lectura de los dos minerales se utilizó acetileno para la combustión. Para leer las muestras, primero se tuvo que pasar por un filtro PVDF de 0.45 µm de 24 mm de diámetro y se realizó una dilución 1/10 de las muestras debido a que la concentración sobrepasó los límites de detección del equipo.

Para el cálculo de concentración de minerales se utilizó ecuación 4:

$$C = \frac{(C_f - C_b) * F_d * 25}{M}$$

Ecuación 4

Donde:

C = Concentración del elemento en la muestra (Base Seca) (mg.kg⁻¹)

Cf = Concentración del elemento medida en el equipo (mg.L⁻¹)

Cb = Concentración del blanco (mg.L⁻¹)

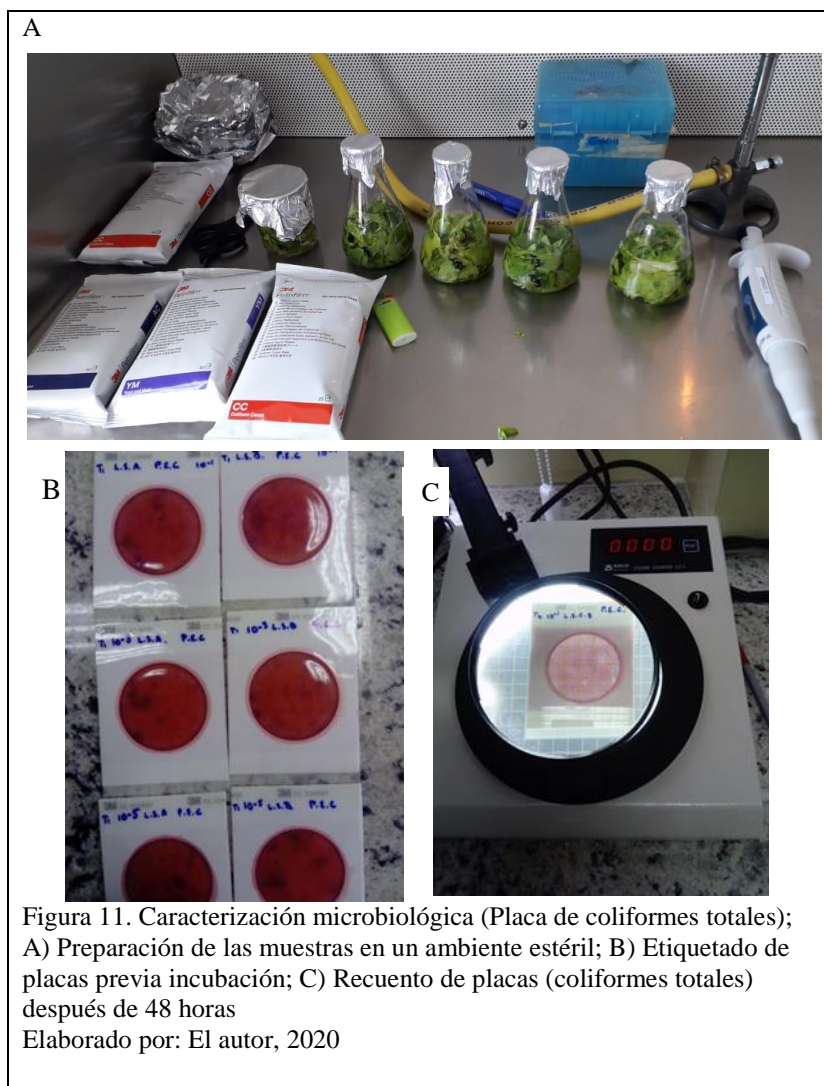
Fd = Factor de dilución

M = masa de la muestra seca (g)

2.1.3. Análisis microbiológico de la especie en estudio

El análisis microbiológico se llevó a cabo mediante la selección de una lechuga al azar de cada uno de los tratamientos y se evaluó mediante el uso de placas Petrifilm 3M la presencia de aerobios totales, coliformes totales y mohos y levaduras (Vandevenne & Escolá, 2014), tal como se muestra en la Figura 11. El medio de enriquecimiento se preparó con 15 g de agua peptonada disuelto en 1 L de agua destilada y se procedió a autoclavar por 15 minutos. Para la siembra en las diferentes placas Petrifilm se realizó una serie de diluciones (10⁻¹, 10⁻² y 10⁻³), la primera dilución se preparó en un matraz con 10 g de muestra y 90 mL de agua peptonada y para las siguientes diluciones se tomó 1 mL de la dilución anterior y se colocó en tubos de ensayo con 9 mL de agua peptonada. La siembra en las diferentes placas Petrifilm se realizó con 1 mL de cada dilución como lo indica la guía de interpretación de placas Petrifilm 3M, la temperatura de incubación de las placas para el recuento de mohos y levaduras fue de 25 ± 1 °C durante 72 horas (AOAC International, 2002a), mientras que la temperatura de incubación para el recuento de aerobios y coliformes totales fue de 35 ± 1 °C durante 48 horas (AOAC International, 2002b, 2002c). El recuento de microorganismos se realizó con la ecuación 5.

$$\frac{\text{UFC}}{\text{g o mL}} = \frac{\text{\# de colonias en la placa} * \text{inverso de la dilución original}}{\text{Volumen de muestra inoculada en el medio (mL)}} \quad \text{Ecuación 5}$$



2.1.4. Análisis de compuestos bioactivos

a. Carotenoides totales

La cuantificación de carotenoides siguió el método propuesto por Coyago-Cruz, (2017): se pesó 10 mg de la muestra liofilizada de los diferentes tratamientos en tubos eppendorf correctamente etiquetados. Para la extracción se colocó 400 μ L de solvente (Hexano-acetona 1:1) en cada tubo eppendorf y se mezcló con la ayuda de un vortex. A continuación se colocó en el ultrasonido durante 2 minutos y se centrifugó a 13500 rpm durante 4 minutos, finalmente, se recuperó el sobrenadante con la ayuda de una pipeta pasteur y se colocó en un nuevo tubo eppendorf. Este proceso se repitió hasta que el sobrenadante pase de verde oscuro a transparente. Una vez

culminada la extracción, la solución con los carotenoides se rotaevaporó durante 40 minutos aproximadamente. La cuantificación de carotenoides totales se realizó mediante espectrofotometría UV a una longitud de onda de 450 nm. Los extractos secos fueron diluidos con 2 mL etanol grado HPLC y colocados en celdas de cuarzo para su lectura. La concentración de carotenoides totales expresados en forma de β -caroteno se determinó mediante la Ecuación 6:

$$CT = \frac{(Abs * V * 10000)}{A_{1CM}^{1\%} * 100 * P_m} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

CT: Concentración de carotenoides totales ($\mu\text{g/g}$)

V: Volumen (mL) A

$A_{1CM}^{1\%}$: Coeficiente de absorción molar

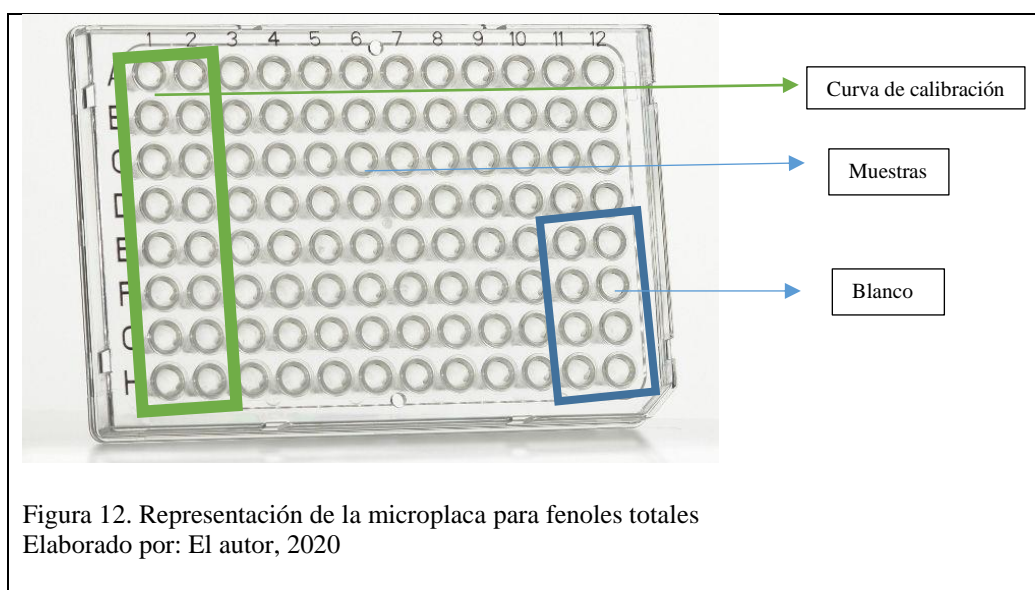
P_m : Peso de la muestra

b. Compuestos fenólicos totales

Se colocó 10 mg de muestra liofilizada en tubos eppendorf correctamente etiquetados. Para la extracción se colocó 1 mL de solvente (metanol acidificado) en cada tubo eppendorf y se mezcló con la ayuda de un vortex. A continuación, se colocó en el ultrasonido durante 1 minuto, se centrifugó a 13500 rpm durante 4 minutos y finalmente se recolectó el sobrenadante. Este proceso se repitió dos veces más, utilizando 0,5 mL de solvente en cada proceso (Coyago-Cruz, 2017).

La lectura se realizó en el equipo BioTek synergy H1 (BioTek, Estados Unidos) a una longitud de onda de 750 nm, mediante la técnica Folin-Cicolteu modificada para microplacas de 96 pocillos (Bobo-García et al., 2015). Para la curva de calibración se realizó soluciones de 0, 10, 20, 40, 60, 80, 90, 100 mg/L de ácido gálico, una vez preparados los estándares, se tomó 20 μL

de cada dilución y se colocó en los pocillos de la placa, como se muestra en la Figura 12, además se colocó la misma cantidad de los extractos. A continuación, se colocó 100 μL de Folin-Ciocalteu (1:4) y se ingresó al equipo durante 365 s, después se colocó 75 μL de carbonato de sodio (100 g/L) se ingresó nuevamente al equipo y se cuantificó la absorbancia luego de dos horas. La concentración de fenoles totales expresados en forma de ácido gálico fue calculada mediante la Ecuación 7:



$$\text{TPC} \left[\text{mg} \frac{\text{GAE}}{\text{g}} \right] = (C) * \frac{V}{m} * Fd \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

C: Concentración obtenida de la curva de calibración (mg/mL)

V: Volumen del extracto (mL)

m: muestra (g)

Fd: Factor de dilución

c. Vitamina C

Para cuantificar la cantidad de vitamina C en las diferentes muestras se colocó 0.3 g de muestra liofilizada en un matraz de aforo de 10 mL. A continuación se colocó 1 mL de homocisteína con 6 mL de ácido metafosfórico y se aforó a 10 mL con agua desionizada. A continuación, se colocó las muestras en el ultrasonido durante 3 minutos y posteriormente se filtró la muestra con filtros de 0,45 µm PVDF y el filtrado se colocó en viales para su posterior lectura en un RRLC 1200 (Agilent, Estados Unidos). La curva de calibración se realizó empleando 5,9 mg del estándar de ácido ascórbico aforado en 50 mL de agua desionizada, esta solución se filtró y se pinchó volúmenes de 1, 2, 5, 10, 15 y 20 µL en el RRLC. Para determinar la concentración de vitamina C se utilizó la Ecuación 8:

$$\text{Con de vit C } \left(\frac{\text{mg}}{100\text{g}} \right) = \frac{\text{Conc.} * V * Fd * 100}{P} \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

Conc.: Concentración de vitamina C (mg/mL) obtenida de la curva de calibración

V: Volumen (mL)

P: Peso (g)

Fd: Factor de dilución

d. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante el programa INFOSTAT versión 2019, en donde se realizó un ANOVA simple y un factorial. Se comparó las diferencias significativas a un *p* valor de 0.05 y se utilizó una prueba Tukey para diferenciar los tratamientos. Los gráficos fueron elaborados en el programa SigmaPlot versión 12.5.

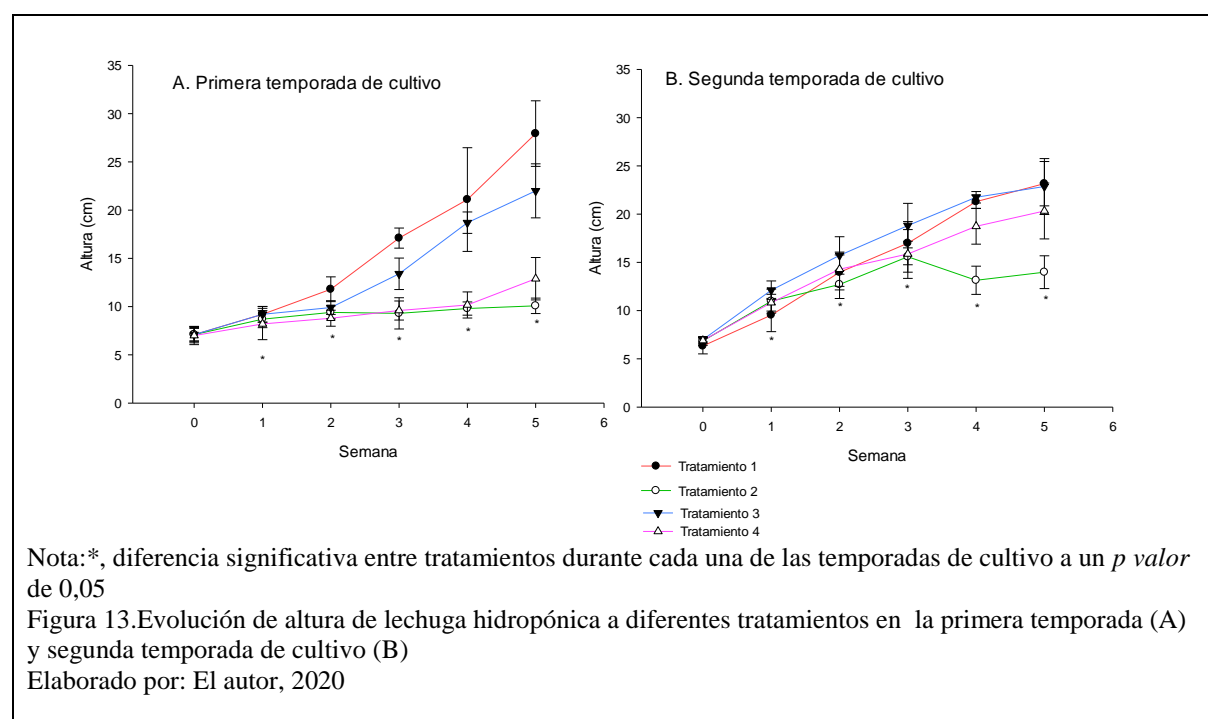
Las variables evaluadas fueron: altura, número de hojas, longitud de raíz, sólidos solubles, pH, acidez titulable, porcentaje de humedad y cenizas, color (CIELAB), Aerobios totales, Coliformes totales, mohos y levaduras, concentración de K^+ , Na^+ , fenoles totales, carotenoides totales y vitamina C.

Capítulo 3

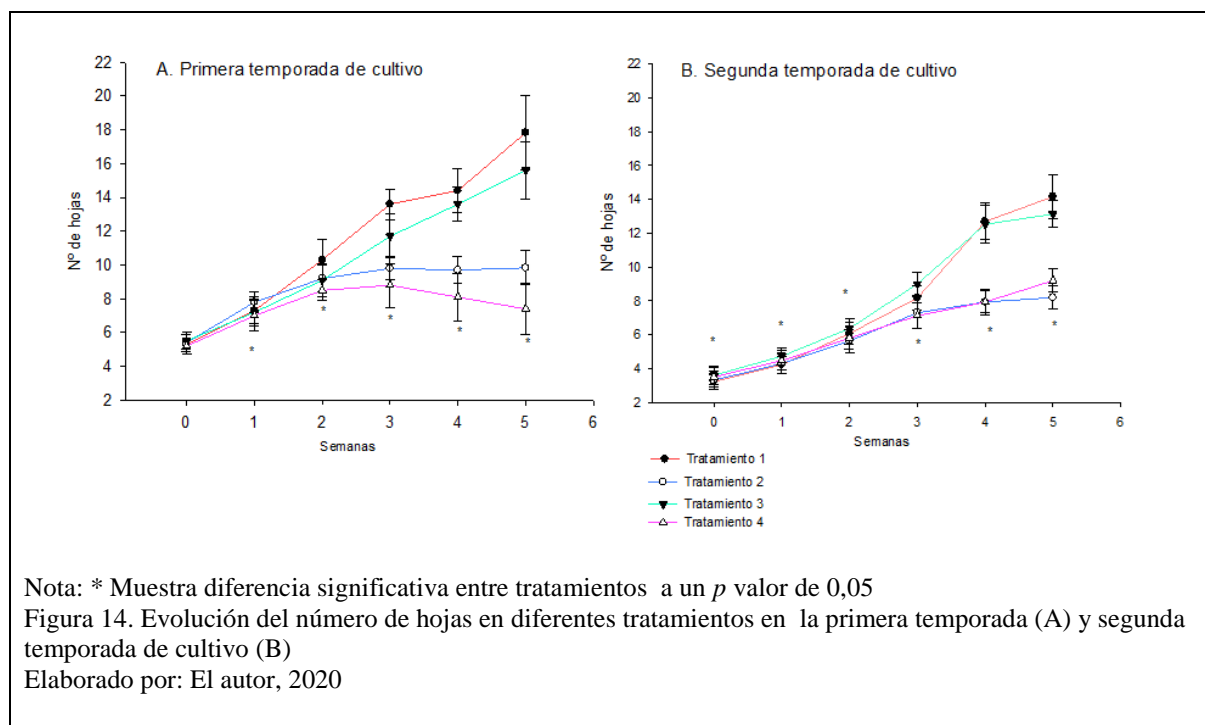
Resultados y discusión

3.1. Desarrollo vegetativo

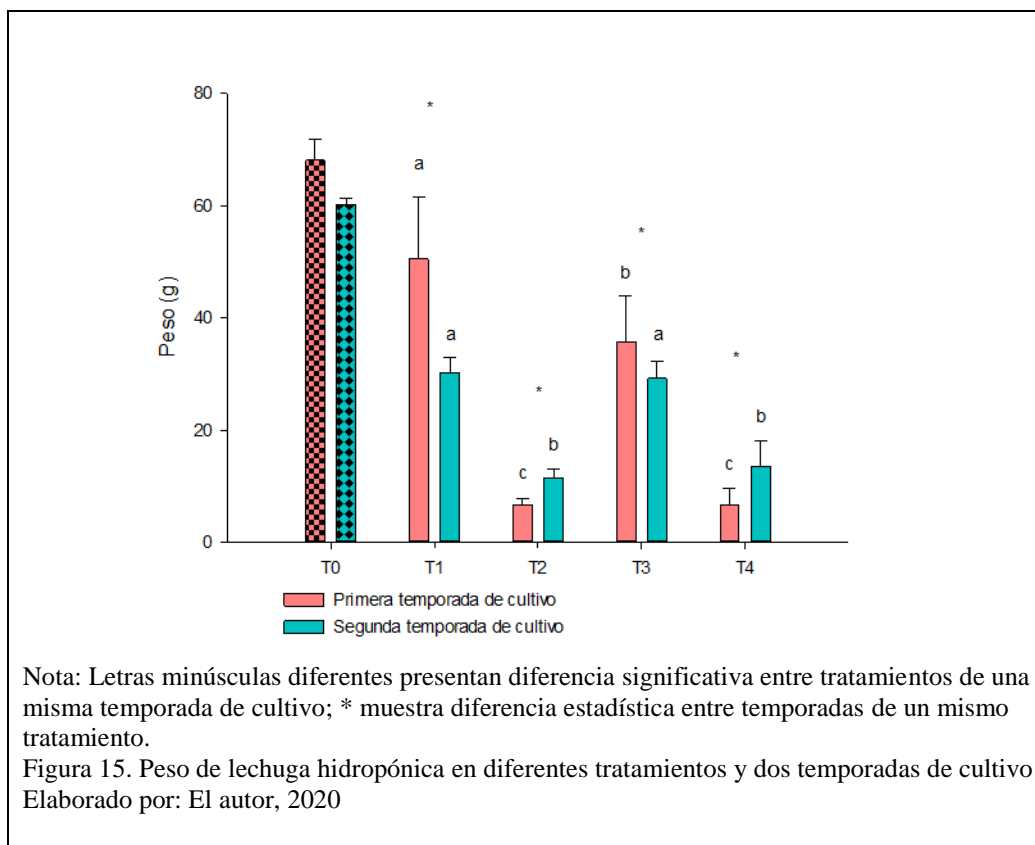
En la Figura 13 A y B se muestra la curva de desarrollo vegetativo de las dos temporadas de cultivo. En la Figura 13-A se observa un crecimiento exponencial para el tratamiento T1 y T3 que corresponden a las soluciones comerciales recomendadas el cual sigue incrementando hasta la semana 5; mientras que en la Figura 13-B se muestra para todos los tratamientos un crecimiento exponencial hasta la semana 4 y luego de ésta, el crecimiento es casi nulo. En la primera temporada existió diferencia significativa en cada semana de cultivo y entre todos los tratamientos, siendo el T1 y T2 los que generaron plantas de mayor y menor tamaño (27,93 y 10,08 cm respectivamente). En la segunda temporada el T1 y T3 los que generaron plantas de mayor tamaño con 23,16 y 22,86 cm respectivamente. Al comparar los tratamientos 2 y 4 que corresponden a soluciones nutritivas sin potasio, se puede observar que el T4 presentó lechugas de mayor tamaño en las dos temporadas de cultivo.



En las dos temporadas de cultivo el T1 presentó mayor número de hojas (17,83 primera temporada y 14,17 segunda temporada), mientras que el T4 presentó menor número de hojas en la primera temporada (7,40) (Figura 14-A) y el T2 en la segunda temporada (8,20) (Figura 14-B). El número de hojas fue afectado en las plantas obtenidas en soluciones sin potasio debido a que los T1 y T3 presentaron valores superiores, respecto a los T2 y T4.



En la Figura 15 se puede observar los resultados del peso de las lechugas, cabe mencionar que para este parámetro se adicionó la lechuga testigo (T0) para tener un valor referencial, la misma que presentó un peso superior a los tratamientos de la investigación. En la primera temporada de cultivo el T1 presentó un mayor peso con 50,48 g seguido del T3 con 35,74 g; en la segunda temporada de cultivo no existió diferencia significativa entre el T1 y T3 siendo los de mayor peso con 30,26 y 29,18 g respectivamente. Los tratamientos 2 y 4 en la primera temporada presentaron el menor peso y no evidenciaron diferencia significativa, sin embargo, en la segunda temporada de cultivo, las lechugas del tratamiento T2 y T4 aumentaron el tamaño respecto a la primera temporada.

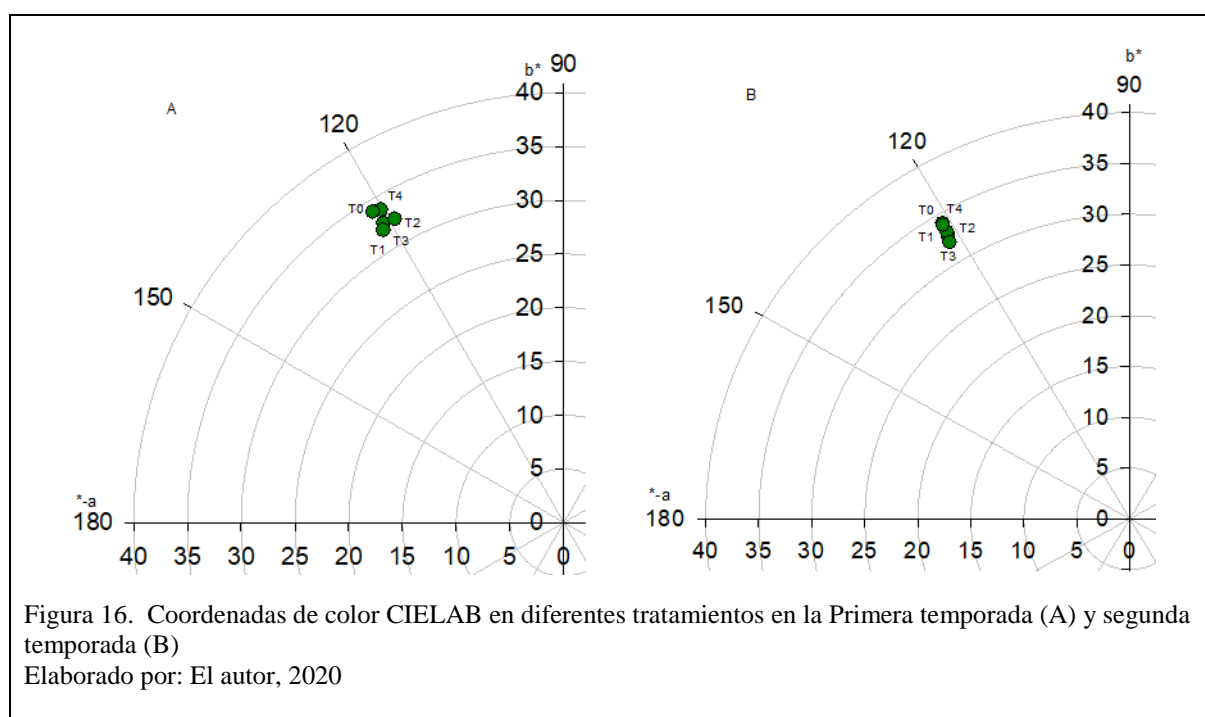


El desarrollo vegetativo (altura, número de hojas y peso) presentó diferencia significativa entre plantas crecidas en solución nutritiva recomendada por las casas comerciales y plantas con modificación de potasio. Esto se debe a que el potasio es el mineral responsable de la activación enzimática, síntesis de proteínas, fotosíntesis, controlador de la regulación osmótica durante la expansión celular, movimientos estomáticos y el tropismo (Mäser, Gierth, & Schroeder, 2002), por lo que las plantas de estos tratamientos no tuvieron un correcto desarrollo. El sodio incorporado a la solución nutritiva no reemplazó la deficiencia del potasio, pero logró reparar algunos daños causados por la falta del mineral (Cruz, Prado, Felisberto, Santos, & Barreto, 2018). La altura reducida se pudo dar por una afección en los cloroplastos y mitocondrias responsables de la síntesis de almidón, lípidos y azúcares disminuyendo el proceso de crecimiento tal como sugieren otros autores (Martínez M. & Garcés V., 2012). La reducción del número de hojas concuerda con el estudio realizado en lechuga romana a diferentes concentraciones de potasio, el número de hojas disminuyó en un promedio de 10 cuando la

concentración de potasio fue nula, debido a que existió una interacción conjunta entre el potasio y giberelinas en los puntos de crecimiento de la planta, ocasionando una posible inhibición de crecimiento por afecciones de la hormona (Martínez M. & Garcés V., 2012). Esta interacción fue comprobada en otro estudio, donde, al aplicar potasio y ácido giberélico incrementó el desarrollo de pepino, debido a una correcta síntesis de ADN, ARN y proteínas, además existió un control en el transporte de nutrientes lo que ocasionó que las plantas tengan un correcto crecimiento (Pal, Yadav, Kumar, & Singh, 2016).

3.2. Parámetros físico químicos

En la Figura 16 se presenta las muestras de los diferentes tratamientos en coordenadas polares del plano de color del espacio CIELAB. En las dos temporadas de cultivo se obtuvo valores negativos de a^* (rango de -18,88 a -15,77) y valores positivos de b^* (rango de 26,5 a 29,2) ubicándose en el segundo cuadrante del plano. Según Césari, Stefanoni, & Ventrera, (2018) y Oliag, (2017) entre más negativo sea el valor a^* tiende a generar colores verdes y los valores positivos de b^* generan coloraciones amarillas, por tanto los tratamientos no presentaron variaciones de color.



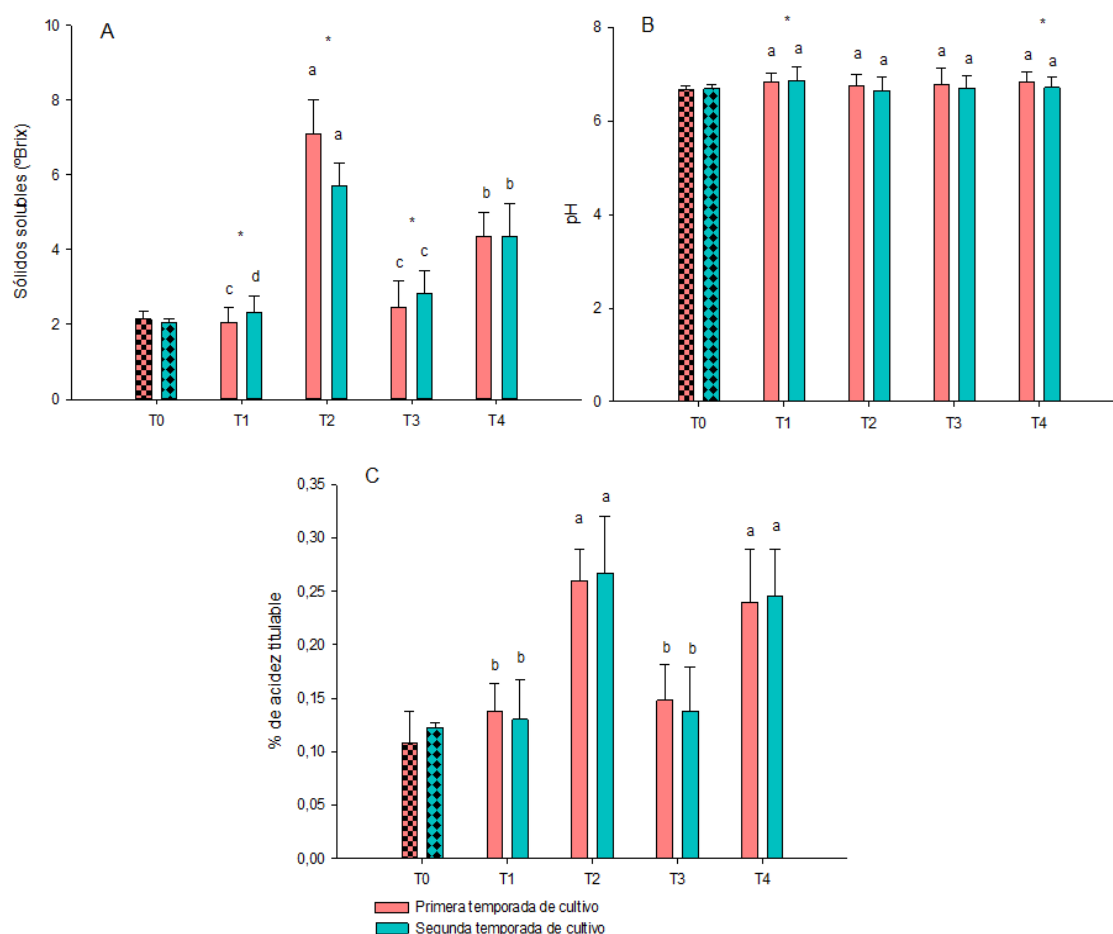
El rango de L^* obtenido en esta experimentación mostró valores de 49,0 a 53,27 en la primera temporada y valores de 43,05 a 48,97 en la segunda temporada. Estos valores guardaron similitud con los reportados en otros estudios para las variedades crocantela, SVR 2005 y TE-122 cuyo L^* fue de 56,7; 59,1 y 57,3; a^* -20,7; -21,0 y -23,3; b^* 34,3; 34,6 y 40,0 respectivamente (Vicentini et al., 2018).

El contenido de los sólidos solubles (SS) (Figura 17-A) mostró que los tratamientos 2 y 4 presentaron valores superiores respecto al T1, T3 y a la lechuga hidropónica comercial T0. En las dos temporadas de cultivo el T2 presentó mayor cantidad de SS (7,11 °Brix primera temporada y 5,70 °Brix segunda temporada). Los SS del T0, T1 y T3 mostraron un rango de 2,05 a 2,82 °Brix, el cual concuerdan con los valores reportados por Vicentini et al., (2018) y Gonçalves & Coringa, (2017) de 2,1 a 3,1 °Brix para las variedades crocantella, SVE 2005, TE-112 y crespita. El T4 en las dos temporadas presentó valores de 4,35 y 4,35 °Brix, valores que se encuentran dentro del rango de 3 a 4,6 °Brix para las variedades crespita, romana y mantecosa reportada por otros autores (Meagy, Eaton, & Barker, 2013; Vargas Arcila et al., 2017).

El rango de pH obtenido en la experimentación fue de 6,66 a 6,84 y no presentó diferencia estadística entre todos los tratamientos (Figura 17-B). El rango de pH de esta experimentación concuerda con el rango reportado por Gonçalves & Coringa, (2017) de 6,0 a 7,0 para lechugas de la variedad crespita y americana, mientras que difiere de otros estudios que reportaron valores para la variedad crespita verde de 5,96 y 6,28 para la variedad crespita roja (De Oliveira, De Almeida, Grasiella, Moreira, & Clarette, 2016) y otros estudios que mostraron un valor de 5,9 para la variedad Brunela que es una variedad mixta entre el tipo crujiente y de hoja (Fontana et al., 2018). El pH obtenido en esta experimentación fue ligeramente ácido (rango entre 6,66 a 6,84), tal como señalan otros autores (Casaubon-Garcín et al., 2018). Estos valores de pH permiten que la lechuga sea recomendada en dietas de pacientes renales crónicos, debido a que si el pH de la lechuga fuera ácido provocaría que los riñones incrementen la excreción de calcio

y amonio, así como la reducción de ácido úrico influyendo en el desarrollo y progresión de la enfermedad crónica renal, además, existe mayor riesgo de desarrollar litiasis renales más conocida como cálculos renales (Osuna-Padilla, Leal-Escobar, Garza-García, & Rodríguez-Castellanos, 2019).

Los valores de acidez titulable expresados en porcentaje de ácido cítrico (Figura 17-C) mostró un rango entre 0,13 a 0,28 % y no se evidenció diferencia significativa entre cada uno de los tratamientos en las dos temporadas de cultivo. La acidez titulable de los tratamientos T2 y T4 presentaron valores similares a los reportados por Vargas Arcila et al., (2017) de 0,17 a 0,28 % para lechugas de la variedad romana, mantecosa y crespa; mientras que, los valores del T0, T1 y T3 se encuentran en el rango reportado por Gonçalves & Coringa, (2017) de 0,05 a 0,18 % para lechugas hidropónicas de la variedad crespa y americana. El ácido cítrico presente en frutas, verduras y hortalizas se encuentra relacionado con el citrato y su consumo tiene función protectora debido a que evita la formación de cálculos renales (Penniston, 2005), así se convierte en un recurso importante de alimentación en afecciones renales.



Nota: Letras minúsculas diferentes presentan diferencia significativa entre tratamientos de una misma temporada de cultivo; * muestra diferencia estadística entre temporadas de un mismo tratamiento.

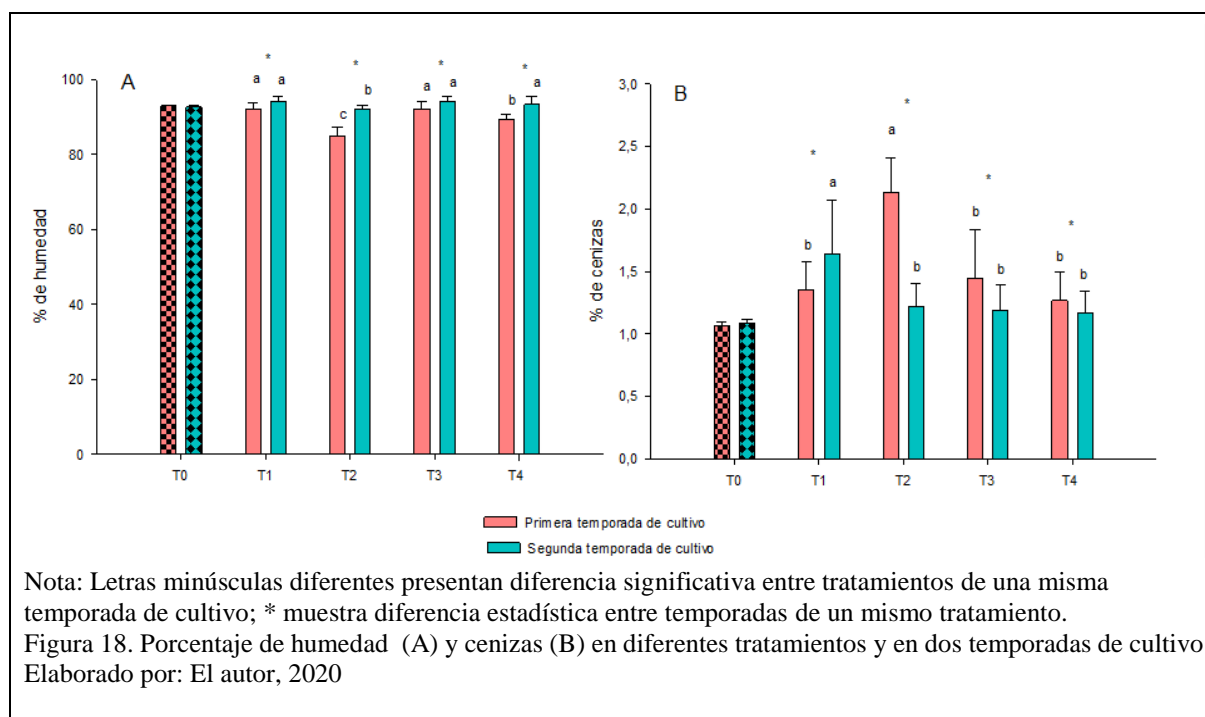
Figura 17. Contenido de sólidos solubles (A), pH (B) y acidez titulable (C) de los diferentes tratamientos en dos temporadas de cultivo

Elaborado por: El autor, 2020

El porcentaje de humedad (Figura 18-A) mostró un rango de 84,82 a 92,98 % en la primera temporada y 92,16 a 94,31 % en la segunda temporada, estos valores fueron similares a los obtenidos en la lechuga de marca comercial T0. Así, la humedad en la primera temporada mostró diferencias estadísticas en la mayoría de tratamientos, mientras que en la segunda temporada solo el tratamiento T2 difirió del resto de valores que fueron similares. A su vez, todos los tratamientos mostraron diferencia significativa cuando se comparó entre temporadas. Así, el porcentaje de humedad de los tratamientos T2 y T4 de la primera temporada se encuentra dentro del rango reportado por Gonçalves & Coringa, (2017) de 50 a 92,02 % para lechugas

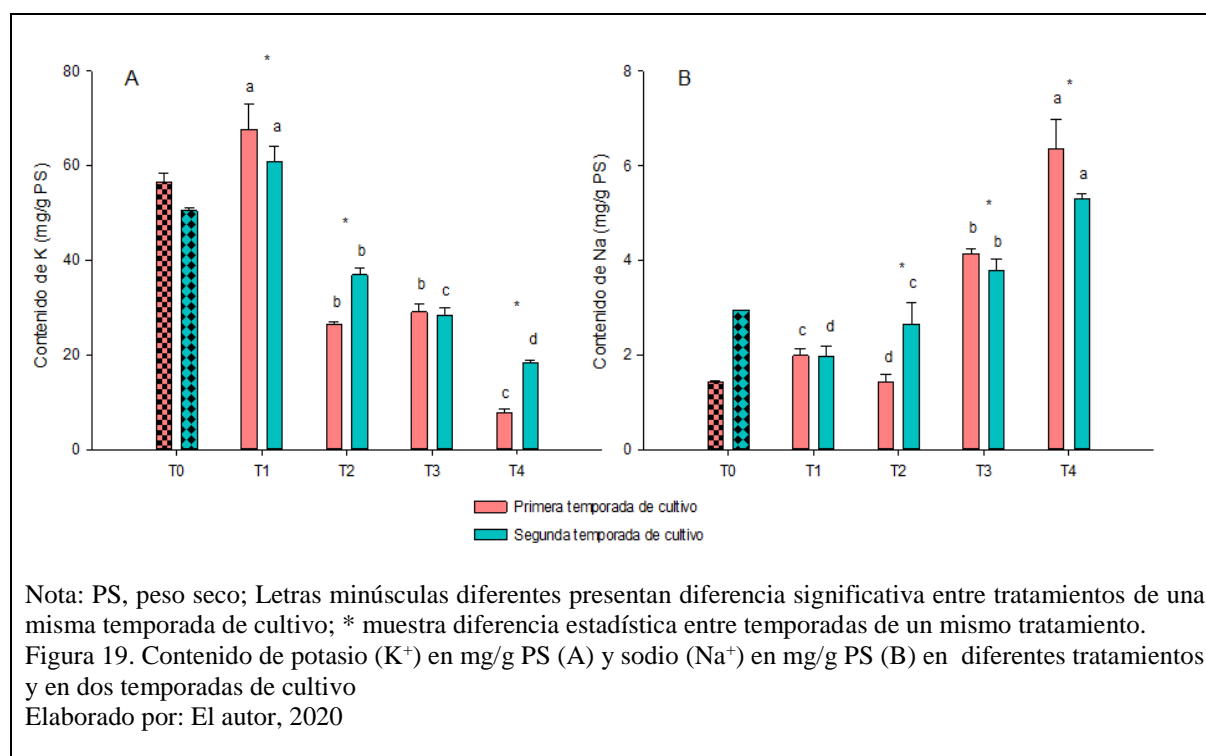
crespa y americana hidropónicas;. sin embargo, los valores de la segunda temporada de todos los tratamientos incluyendo la lechuga comercial son semejantes a los obtenidos por Vargas Arcila et al., (2017) de 92,25 a 95 % para lechuga crespa, romana y crujiente.

En la Figura 18-B se puede observar los resultados del porcentaje de cenizas en donde el T2 presentó mayor cantidad de cenizas en la primera temporada, no así en la segunda temporada que fue el T1. La ceniza mostró un rango de 1,06 a 2,14 % en la primera temporada y 1,09 a 1,64 % en la segunda temporada, resultados que guardaron relación con los valores presentados por (Gonçalves & Coringa, 2017) que mostró un rango de 0,20 a 1,35 % para lechugas hidropónicas.



En la Figura 19 A y B se pueden observar los resultados del contenido de potasio y sodio en peso seco (PS) en los diferentes tratamientos. Así, el tratamiento T1 presentó mayor concentración de potasio (67,73 y 60,83 mg/g PS), en la primera y segunda temporada respectivamente, mientras que el T4 menor concentración (7,78 y 18,29 mg/g PS). El efecto

contrario sucedió con el contenido de sodio, donde el T4 fue el que presentó mayor concentración (6,36 y 5,31 mg/g PS) en la primera y segunda temporada respectivamente.



Los valores de minerales reportados en esta experimentación, guardaron relación con la revisión nutricional de cuatro tipos de lechuga realizada por Kim et al., (2016), el cual establece un rango de 48 a 120 mg/g para potasio y 0,28 a 8 mg/g de sodio.

Al comparar el contenido de potasio en las lechugas obtenidas de los tratamientos 1 y 3 cuyas soluciones no perdieron la fuente de potasio, se puede observar que el T1 presentó mayor concentración respecto al T3, esto debido a que la solución nutritiva recomendada por la casa comercial 2 presenta una menor concentración de potasio respecto a la solución nutritiva recomendada por la casa comercial 1 (Tabla 8). Al comparar los tratamientos 1 y 2 cuya solución nutritiva pertenece a la casa comercial 1 se pudo evidenciar que el contenido de potasio del T2 se redujo en un 60,75 y 47,53 % en la primera y segunda temporada de cultivo respectivamente, así mismo, el contenido de sodio incrementó un 35,71 % en la segunda temporada de cultivo. Entre los tratamientos 3 y 4 pertenecientes a la solución nutritiva de la

casa comercial 2, el contenido de potasio del T4 disminuyó 73,19 y 35,41 % en la primera y segunda temporada respectivamente, mientras que el contenido de sodio del T3 incrementó un 53,62 y 40,11 % en la primera y segunda temporada de cultivo respectivamente. Los resultados presentados en este estudio mostraron relación con el estudio de Renna et al., (2018), donde, al reducir a 0 % la concentración de potasio en la solución nutritiva, en verduras jóvenes que incluye la lechuga batavia, se redujo el 48,61 % de potasio y el sodio incrementó un 284,72 % y en otro estudio en lechuga cresspa en el que la disminución de potasio en 80 % resultó en un incremento de sodio en aproximadamente 10 veces su valor inicial, así, la lechuga de hoja normal tuvo una concentración de sodio de 1,06 mg/g en PS mientras que la obtenida en solución nutritiva baja en potasio tuvo una concentración de sodio de 13,2 mg/g PS (Yoshida, Sakuma, & Kumagai, 2014). Este efecto inverso entre los dos minerales, se debe a que el potasio en las plantas contrarresta el estrés de sodio, mientras que el sodio, a su vez, puede aliviar hasta cierto punto la deficiencia potasio, razón por la cual, este elemento incrementa en ausencia del otro tal como sugieren varios autores (Cruz et al., 2018; Mäser et al., 2002; Renna et al., 2018).

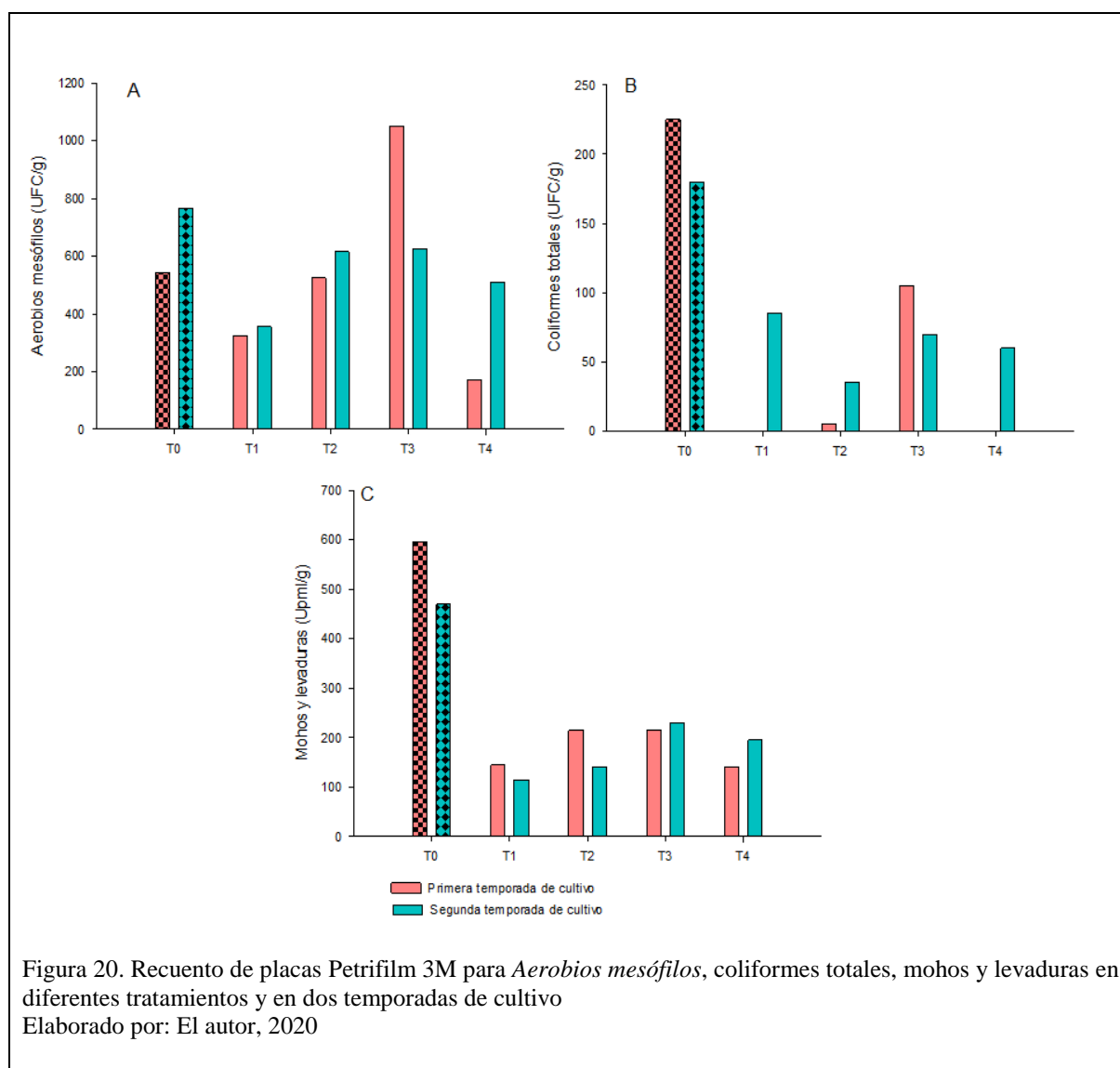
Por otra parte, según Renna et al., (2018) con la disminución de minerales se puede incrementar la porción de vegetales que pueden consumir las personas con problemas renales, sin embargo, hay que tener en cuenta el incremento de sodio. Además, según Yoshida et al., (2014) al realizar un examen de sabor, las lechugas bajas en potasio presentaron un sabor salado por el incremento de sodio, lo cual ayudaría a eliminar condimentos adicionales como la sal de mesa, pero siempre es importante tener la supervisión de un especialista en dieta renal.

3.3. Análisis microbiológico

En la Figura 20-A-B-C se puede observar el recuento de *Aerobios mesófilos*, Coliformes totales y mohos y levaduras. Así, se puede observar en la primera temporada de cultivo que el T3 presentó una mayor carga de *Aerobios mesófilos* con $1,05 \times 10^3$ UFC/g, mientras que el T4 menor

carga con $1,70 \times 10^2$ UFC/g y en la segunda temporada de cultivo el T2 y T3 reportan mayor carga microbiana con un promedio de $6,2 \times 10^2$ UFC/g. El recuento de coliformes totales (Figura 20-B) señala que el T1 y T4 en la primera temporada de cultivo no presentaron carga microbiana, sin embargo, el T3 mostró la mayor concentración con $1,05 \times 10^2$ UFC/g a su vez, en la segunda temporada si existió presencia de coliformes en todos los tratamientos, siendo el T1 quien obtuvo una mayor carga con $8,50 \times 10^1$ UFC/g. En la Figura 20-C se puede observar que el T2 y T3 en la primera temporada presentaron mayor carga de mohos y levaduras con $2,15 \times 10^2$ Upml/g, mientras que en la segunda temporada el T3 es el que presentó mayor concentración con $2,30 \times 10^2$ Upml/g.

Por otra parte, la muestra T0 que corresponde a una lechuga de marca comercial presentó valores superiores a las variables analizadas, excepto, en el recuento de *Aerobios mesófilos* de la primera temporada. Los valores altos de carga microbiológica en esta muestra referencial pudo atribuirse a la contaminación durante el manejo y procesamiento de la post-cosecha hasta llegar al consumidor, tal como sugieren otros autores (Beuchat, 1996).



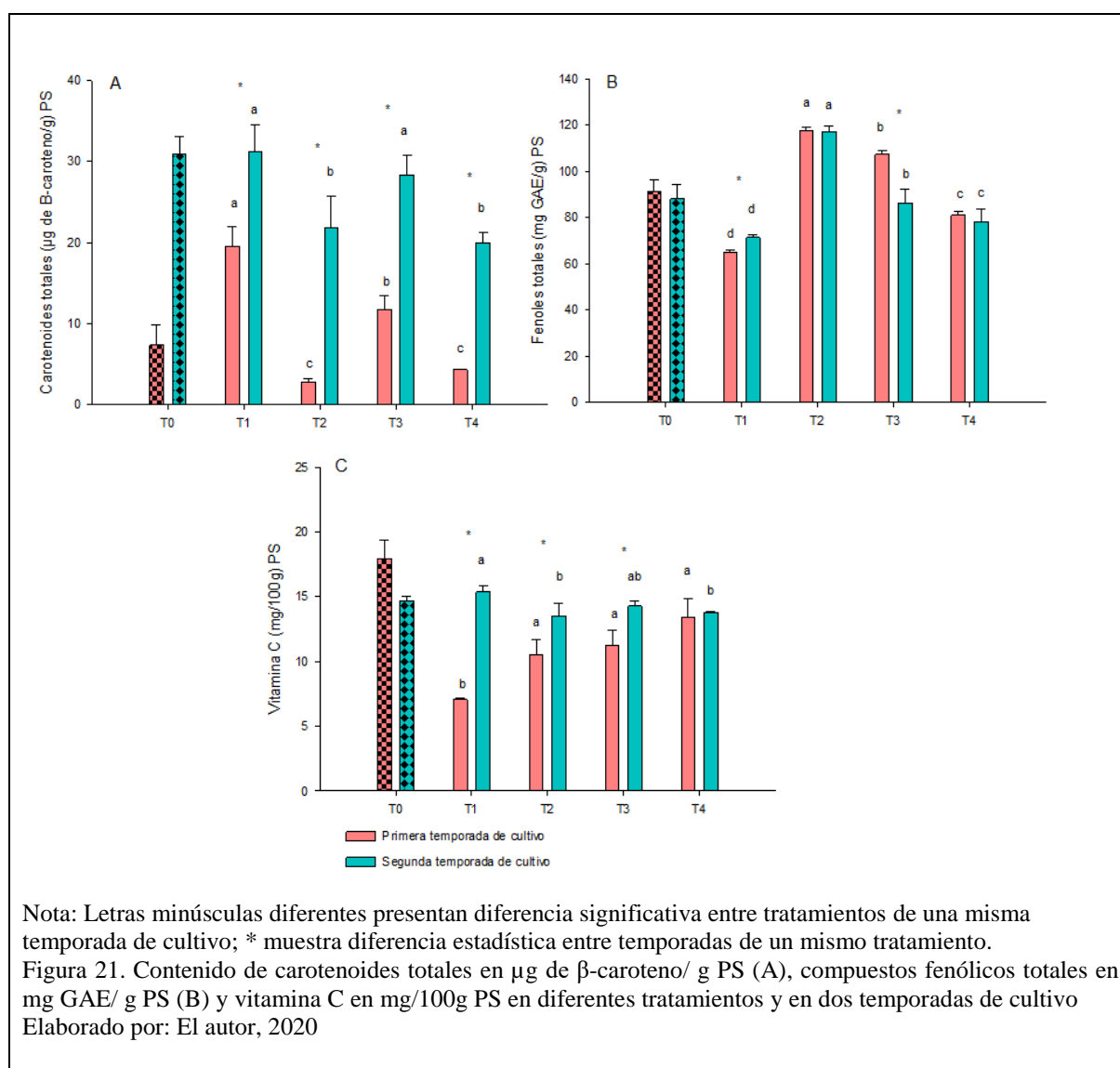
La carga microbiológica referente a *Aerobios mesófilos* y coliformes totales obtenidos por los diferentes tratamientos incluyendo al T0, es inferior a la obtenida en una investigación en la que se comparó la carga microbiana de lechugas cultivadas de forma tradicional, orgánica e hidropónica, donde se obtuvieron valores de 10^5 a 10^6 UFC/g para las diferentes formas de cultivo de lechuga (Monge, Chaves, & Arias, 2011) y los cuales guardan relación con los resultados reportados por Rodríguez et al., (2015), mientras que, la carga de mohos y levaduras de esta experimentación son inferiores a los reportados por Jinde et al (2015) que presentó un valor de $2,3 \times 10^4$ Upml/g en lechuga iceberg. Los resultados obtenidos en todos los tratamientos se encuentran por debajo de los límites máximos establecidos por la legislación española

(Anexo 5) debido a que el Ecuador no cuenta con una norma técnica para recuentos microbianos de frutas y hortalizas, siendo 10^2 a 10^5 UFC/g para *Aerobios mesófilos*, 10^2 a 10^4 UFC/g para coliformes totales y 10^4 Upml/g para mohos y levaduras (Moragas, Valcárcel, & Chirapozu, 2019).

3.4. Compuestos bioactivos

En la Figura 21-A-B y C se muestra el contenido de carotenoides totales expresado como β -caroteno, fenoles totales expresado en forma de ácido gálico y vitamina C, respectivamente. Los resultados mostraron que el tratamiento T1 en la primera temporada y el tratamiento T1 y T3 en la segunda temporada presentaron una cantidad mayor de carotenoides totales. A su vez, los valores de la primera temporada mostraron un rango de 2,74 a 19,75 μg de β -caroteno/g PS y son inferiores a los obtenidos en la segunda temporada cuyo rango es de 19,95 a 31,28 μg de β -caroteno/g PS. El contenido de carotenoides totales expresados en forma de β -caroteno en los tratamientos 2 y 4 que crecieron en solución nutritiva sin potasio, en la primera temporada es inferior al reportado por Yoshida, Sakuma, & Kumagai, (2014) cuyo valor es de 9,41 $\mu\text{g/g}$ PS para lechugas bajas en potasio y 7,61 $\mu\text{g/g}$ PS para lechugas crecidas en solución nutritiva con potasio, sin embargo, en la segunda temporada se reportan valores superiores. A su vez, los resultados obtenidos por todos los tratamientos incluyendo el T0 en este estudio fueron inferiores a los reportados por Kim et al., (2016) quien reportó un rango de 436 a 1044 $\mu\text{g/g}$ de β -caroteno PS para lechuga cressa. Esta diferencia entre los resultados en este estudio y los reportados por otros autores se puede atribuir al tipo de solvente, extracción y lectura de las muestras, ya que (Mou, 2005) reporta valores de 714 y 748 $\mu\text{g/g}$ PS de β -caroteno en lechuga cressa y en su metodología utiliza acetato de etilo como solvente y la lectura es mediante HPLC al igual que en el estudio de Yoshida et al., (2014).

El contenido de fenoles totales expresados en forma de ácido gálico (Figura 21-B) en las dos temporadas mostró altos valores en el tratamiento T2 con un valor promedio de 117 mg/g PS. A su vez, los tratamientos en una misma temporada mostraron diferencias significativas en todos los casos, mientras que solo el tratamiento T1 y T3 mostraron diferencias significativas entre temporadas de cultivo. El contenido de fenoles totales de todos los tratamientos incluyendo la lechuga comercial presentó una concentración superior a la reportada por Kim et al., (2016) de 21,0 a 34,7 mg/g PS para lechuga crespa, y fueron inferiores al contenido de las variedades romana y crujiente que reportaron valores de 200 y 300 mg/g PS respectivamente (Vargas Arcila et al., 2017).



Con respecto a la vitamina C (Figura 21-C), la primera temporada mostró un rango de 7,07 a 13,42 mg/100g PS y no presentó diferencia significativa el tratamiento T2, T3 y T4. En la segunda temporada la vitamina C mostró un rango 13,53 a 15,37 mg/100g PS. Así, el contenido de vitamina C de los tratamientos 2 y 4 mostró valores inferiores a los reportados por Yoshida et al., (2014) de 26,6 mg/100g PS en lechugas crecidas en solución nutritiva baja en potasio y a su vez, todos los tratamientos incluido el T0 guardaron relación con el rango de 14,6 a 709,25 mg/100g PS de vitamina C para lechuga cressa crecida en condiciones normales reportado por otros autores (Gonçalves & Coringa, 2017; Koudela & Petříková, 2008; Vargas Arcila et al., 2017; Vicentini et al., 2018; Yoshida et al., 2014).

Conclusiones

La ausencia de potasio afectó el correcto desarrollo vegetativo de las plantas de lechuga reduciendo hasta un 63 % la altura de la planta, así mismo, el número de hojas y el peso disminuyó hasta un 58,5 % y 86,7 % respectivamente en comparación con lechugas crecidas en solución nutritiva recomendada

El contenido de sólidos solubles se triplicó y acidez titulable se duplicó en las lechugas cuya solución nutritiva carecía de potasio, sin embargo, el pH de las plantas fue similar durante toda la experimentación.

El contenido de potasio del T2 disminuyó un 60,75 y 47,53 % en la primera y segunda temporada, así mismo, en el T4 disminuyó un 73,19 y 35,45 % en cada temporada, a su vez, el contenido de sodio incrementó un 35,71 % en el T2, mientras que, el T4 incrementó 73,14 y 35,41% en la primera y segunda temporada.

La carga microbiana de todos los tratamientos ($1,05 \times 10^3$ *Aerobios mesófilos*, $1,05 \times 10^2$ coliformes totales, $2,15 \times 10^2$ mohos y levaduras) se encontró por debajo de los límites máximos permisibles para el consumo establecido por la legislación española (10^5 UFC/g para *Aerobios mesófilos*, 10^4 UFC/g para coliformes totales y 10^4 Upml/g para mohos y levaduras), así mismo, presentó valores inferiores, a lechugas hidropónicas de marca comercial ($2,35 \times 10^3$ UFC/g para *Aerobios mesófilos*, $2,25 \times 10^2$ UFC/g para coliformes totales y $5,95 \times 10^2$ Upml/g para mohos y levaduras).

El contenido de carotenoides totales fue inferior en un 85% en la primera temporada y 36,2 % en la segunda temporada en los tratamientos cuya solución nutritiva carecía de potasio respecto a los tratamientos cuya solución nutritiva fue recomendada, mientras que, el contenido de fenoles totales del T2 presentó la mayor concentración durante la experimentación (177 mg

GAE/g PS) y el contenido de vitamina C presentó una concentración de 11,9 y 13,6 mg/100g PS en la primera y segunda temporada respectivamente en los tratamientos sin potasio.

Por los resultados obtenidos, el cultivo hidropónico es una alternativa para la obtención de alimentos bajos en minerales que son beneficiosos para personas que sufren de insuficiencia renal.

Recomendaciones

Ampliar el análisis de minerales incluyendo hierro, calcio y fósforo que también podrían verse afectados por la deficiencia de potasio.

Emplear un microondas de laboratorio para la digestión de muestras, ya que este podría mejorar el proceso de extracción de minerales.

Realizar más estudios relacionados con la reducción de minerales en frutas y verduras, para la obtención de una gama amplia de alimentos para personas que sufren insuficiencia renal.

Referencias

- Ahmed, M. M. (2012). *Atomic absorption spectroscopy (AAS)*.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29580.51844>
- AOAC International. (2002a). Official Method 990.12 *Aerobic plate count* in foods. *Journal of AOAC International*.
- AOAC International. (2002b). Official Method 991.14 Coliform and *Escherichia coli* counts in foods. *Journal of AOAC International*.
- AOAC International. (2002c). Official Method 997.02 Yeast and mold counts in foods. *Journal of AOAC International*.
- AOAC International. (2005). AOAC Official Method 932.14 Solids in Syrups. *AOAC International*.
- Asaduzzaman, M., Talukder, M. R., Tanaka, H., Ueno, M., Kawaguchi, M., Yano, S., ... Asao, T. (2018). Production of low-potassium content melon through hydroponic nutrient management using perlite substrate. *Frontiers in Plant Science*, 9.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01382>
- Ayala, V. (2012). *Insuficiencia renal aguda y crónica*. Retrieved from
https://books.google.com.ec/books?id=TA_wAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Beatty, R. D., & Kerber, J. D. (1978). *Concepts, instrumentation and techniques in atomic absorption spectrometry* (The Perkin).
- Beltrano, J., & Gimenez, D. O. (2015). *Cultivo en hidroponía*. La Plata - Argentina: Universidad Nacional de La Plata.
- Betancourth, D., Gómez, J., Mosquera, J., & Tirado-Mejía, L. (2010). Análisis por difracción

- de rayos X de rocas provenientes de región esmeraldífera. *Scientia Et Technica*, 16(44), 257–260. <https://doi.org/10.22517/23447214.1871>
- Beuchat, L. R. (1996). Pathogenic microorganisms associated with fresh produce. *Journal of Food Protection*, 59(2), 204–216. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-59.2.204>
- Bobo-García, G., Davidov-Pardo, G., Arroqui, C., Vírseda, P., Marín-Arroyo, M. R., & Navarro, M. (2015). Intra-laboratory validation of microplate methods for total phenolic content and antioxidant activity on polyphenolic extracts, and comparison with conventional spectrophotometric methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(1), 204–209. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6706>
- Brenes-Peralta, L. P., & Jiménez-Morales, M. F. (2014). *Manual de producción hidropónica para hortalizas de hoja en sistemas NFT (Nutrient Film Technique)*. Retrieved from <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/6581>
- Browne, D., Williams, M. A., Maxwell, A. P., McGuinness, B., Passmore, P., Silvestri, G., ... McKay, G. J. (2019). Serum xanthophyll carotenoids are associated with estimated glomerular filtration rate in an aged cohort. *Scientific Reports*, 9(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53674-5>
- Buitrago, C. A. (2012). Dialysis peritoneal. In *Nefrología básica 2* (Segunda ed, pp. 245–257). Retrieved from <http://asocolnef.com/wp-content/uploads/2018/03/Cap28.pdf>
- Carrillo, G., & Valdés, L. (2016). *Determinación microbiológica y de metales pesados en lechuga de repollo (lactuca sativa), expendidos en los diferentes mercados del distrito metropolitano de quito*. Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13230/1/UPS-QT10340.pdf>
- Casaubon-Garcín, P., Lamshing-Salinas, P., Isoard-Acosta, F., Casaubon Lemen-Meyer, S.,

- Delgado-Franco, D., & Pérez-Lizaur, A. B. (2018). pH de los alimentos: ¿una herramienta para el manejo de los pacientes con reflujo gastroesofágico? *Revista Mexicana de Pediatría*, 85(3), 89–94. Retrieved from www.medigraphic.com/rmp
- Césari, M., Stefanoni, M. E., & Ventrera, N. (2018). *Nuevo método de medida del color para alimentos vegetales*. Mendoza.
- Chalé, F. H., Ancona, D. B., & Campos, M. R. S. (2014). Compuestos bioactivos de la dieta con potencial en la prevención de patologías relacionadas con sobrepeso y obesidad; péptidos biológicamente activos. *Nutricion Hospitalaria*, 29(1), 10–20. <https://doi.org/10.3305/nh.2014.29.1.6990>
- Chen, J., & Siriki, R. (2015). Antioxidants therapy for patients with chronic kidney disease: A question of balance. *American Journal of Nephrology*, 42(4), 318–319. <https://doi.org/10.1159/000441628>
- Coyago-Cruz, E. (2017). *Estudio sobre el contenido en carotenoides y compuestos fenólicos de tomates y flores en el contexto de la alimentación funcional*. (Universidad de Sevilla). Retrieved from <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/77389>
- Coyago-Cruz, E., Corell, M., Moriana, A., Mapelli-Brahm, P., Hernanz, D., Stinco, C. M., ... Meléndez-Martínez, A. J. (2019). Study of commercial quality parameters, sugars, phenolics, carotenoids and plastids in different tomato varieties. *Food Chemistry*, 277, 480–489. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.139>
- Coyago-Cruz, E., Méndez, G., Acurio, D., Valdés, L., Quishpe, K., González, C., & Beltrán-Sinchiguano, E. (2018). Microbiological and heavy metal risk in alfalfa juice (*Medicago sativa*), sold in markets. *Italian Journal of Food Science*, (June), 25–29.
- Cruz, F. J. R., Prado, R. de M., Felisberto, G., Santos, Á. S., & Barreto, R. F. (2018). Potassium

- nutrition in fruits and vegetables and food safety through hydroponic system. In *Potassium - Improvement of Quality in Fruits and Vegetables Through Hydroponic Nutrient Management*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.71742>
- De Castaño, I., & De Rovetto, C. (2007). Nutrición y enfermedad renal. *Colombia Médica*, 38(1), 56–65. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/cm/v38n1s1/v38n1s1a08.pdf>
- De Oliveira, L., De Almeida, C., Grasiella, K., Moreira, L., & Clarete, E. (2016). Physicochemical characteristics of purple lettuce harvested at different ages. *Revista Caatinga*, 29(2), 489–495. <https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n227rc>
- Del Puerto, A., Suárez, S., & Palacio, D. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3), 372–387.
- Di Lorenzo, R., Pisciotta, A., Santamaria, P., & Scariot, V. (2013). From soil to soil-less in horticulture: Quality and typicity. *Italian Journal of Agronomy*, 8(4), 255–260. <https://doi.org/10.4081/ija.2013.e30>
- Díaz, N., Bárcena, A., Fernández, E., Galván, A., Jorrín, J., Peinado, J., ... Túnez, I. (1984). Espectrofotometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas. *SAE Technical Papers*, 1–8. <https://doi.org/10.4271/841496>
- Domene R, M. A., & Segura R, M. (2014). Parámetros de calidad externa en la industria agroalimentaria. *Cajamar ADN Agro*, 3, 1–12.
- Fajardo, S., Patiño, J., Álvarez, Á., & Taborda, D. (2016). *Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga bajo buenas prácticas agrícolas en el oriente antioqueño*. Medellín - Colombia.
- FAO. (2017). Producción de lechuga a nivel mundial. Retrieved June 19, 2019, from <http://www.fao.org/faostat/es/#home>

- FAO. (2020). Análisis de minerales y elementos traza en alimentos. Retrieved July 14, 2020, from <http://www.fao.org/3/AH833S22.htm>
- Flores, J. C. (2010). Enfermedad renal crónica: epidemiología y factores de riesgo. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 21(4), 502–507. [https://doi.org/10.1016/s0716-8640\(10\)70565-4](https://doi.org/10.1016/s0716-8640(10)70565-4)
- Fontana, L., Rossi, C. A., Hubinger, S. Z., Ferreira, M. D., Spoto, M. H. F., Sala, F. C., & Verruma-Bernardi, M. R. (2018). Physicochemical characterization and sensory evaluation of lettuce cultivated in three growing systems. *Horticultura Brasileira*, 36(1), 20–26. <https://doi.org/10.1590/s0102-053620180104>
- Fontes, P. C. R., Sampaio, R. A., & Mantovani, E. C. (2000). Tomato yield and potassium concentrations in soil and in plant petioles as affected by potassium fertirrigation. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 35(3), 575–580. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2000000300013>
- Fraile-Robayo, R. D., Álvarez-Herrera, J. G., Reyes M., A. J., Álvarez-Herrera, O. F., & Fraile-Robayo, A. L. (2017). Evaluación del crecimiento y calidad de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en hidroponía con sistema cerrado de recirculación. *Agronomía Colombiana*, 35(2), 216–222. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v35n2.63439>
- Fssai. (2015). *Manual of methods of analysis of foods food safety and standards authority of india ministry of health and family welfare government of india new delhi 2015 fruit and vegetable products acknowledgement*. Retrieved from https://old.fssai.gov.in/Portals/0/Pdf/Draft_Manuals/FRUITS_AND_VEGETABLE.pdf
- García, E., & Fernández, I. (2013). *Determinación de la humedad de un alimento por un método gravimétrico indirecto por desecación*. Valencia.
- Genetics Home Rereference. (2019). What are proteins and what do they do? Retrieved July 3,

2019, from <https://ghr.nlm.nih.gov/primer/howgeneswork/protein>

Gilsanz, J. C. (2007). *Hidroponía*. Retrieved from Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnol website:

<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/520/1/11788121007155745.pdf>

Gómez, A., Arias, E., & Jiménez, C. (2016). Prevalencia de la enfermedad renal crónica. *Tratado de Geriatria Para Residentes*, 637–646. [https://doi.org/10.1016/S1886-2845\(08\)75061-6](https://doi.org/10.1016/S1886-2845(08)75061-6)

Gonçalves, T. de O., & Coringa, E. de A. O. (2017). Caracterização físico-química e teor de nitrato em alface do tipo crespa e americana cultivadas sob sistema hidropônico e convencional. *Higiene Alimentar*, 31(272–273), 102–106.

Gopinath, P., Vethamoni, P. I., & Gomathi, M. (2017). Aeroponics soilless cultivation system for vegetable crops. *Chemical Science Review and Letters*, 6(22), 838–849.

Gutierrez, A. (2010). Sistema de raíz flotante en hidroponía. Retrieved July 2, 2019, from <https://hidroponia7.wordpress.com/2010/11/08/sistema-raiz-flotante-en-hidroponia/>

Handelman, G. J. (2011, January 1). New insight on vitamin C in patients with chronic kidney disease. *Journal of Renal Nutrition*, Vol. 21, pp. 110–112. <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2010.11.003>

Hidroponía Río Grande. (2016). Sistema de raíz flotante casero. Retrieved July 3, 2019, from <https://hidroponiariogrande.wordpress.com/2016/04/11/sistema-de-raiz-flotante-casero/>

Hirahatake, K. M., Jacobs, D. R., Gross, M. D., Bibbins-Domingo, K. B., Shlipak, M. G., Mattix-Kramer, H., & Odegaard, A. O. (2019). The association of serum carotenoids, tocopherols, and ascorbic acid with rapid kidney function decline: The coronary artery risk development in young adults (CARDIA) study. *Journal of Renal Nutrition*, 29(1), 65–73.

<https://doi.org/10.1053/j.jrn.2018.05.008>

- INEC. (2016). Producción de lechuga en Ecuador. Retrieved June 20, 2019, from <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>
- Jinde, A., Mariño, X., Álvarez, M., & Silva, M. (2015). Efecto del lavado con aceite esencial de canela en la calidad de hortalizas troceadas. *Alimentos, Ciencia e Investigación*, 23(1), 78–85. Retrieved from [http://redi.uta.edu.ec/bitstream/123456789/14244/1/Jinde et al. 82015%29_ACI-23%281%2978-85.pdf](http://redi.uta.edu.ec/bitstream/123456789/14244/1/Jinde%20et%20al.%202015%20ACI-23%2078-85.pdf)
- Jordan, R. A., Ribeiro, E. F., Oliveira, F. C. de, Geisenhoff, L. O., & Martins, E. A. S. (2018). Yield of lettuce grown in hydroponic and aquaponic systems using different substrates. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 22(8), 525–529. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n8p525-529>
- Kim, M. J., Moon, Y., Tou, J. C., Mou, B., & Waterland, N. L. (2016). Nutritional value, bioactive compounds and health benefits of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 49, 19–34. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2016.03.004>
- Koudela, M., & Petříková, K. (2008). Nutrients content and yield in selected cultivars of leaf lettuce (*Lactuca sativa* L. var *crispa*). *Horticultural Science*, 35(3), 99–106.
- Lacaze, M. (2011). La calidad de los alimentos y la implementación de estrategias de regulación: reflexiones a partir de un caso de estudio. *Nexos*, 18(28), 32–37.
- Lakhiar, I. A., Gao, J., Syed, T. N., Chandio, A., & Buttar, N. A. (2018). Modern plant cultivation technologies in agriculture under controlled environment: a review on aeroponics. *Journal of Plant Interactions*, 13(1), 338–352. <https://doi.org/10.1080/17429145.2018.1472308>
- Lloret, M. J., Bover, J., DaSilva, I., Furlano, M., Ruiz-García, C., Ayasreh, N., ... Ballarín, J. A. (2013). Papel del fósforo en la enfermedad renal crónica. *Nefrología*, 4(2), 2–10.

- <https://doi.org/10.3265/nefrologiasuplementoextraordinario.pre2013.mar.11984>
- López-Elías, J. (2018). La producción hidropónica de cultivos. *Idesia (Arica)*, 36(2), 139–141.
<https://doi.org/10.4067/S0718-34292018005000801>
- López, F. (2018). *Acuaponía; alimentación y desarrollo*. Retrieved from www.fyboa.uma.es
- Lorenz, X. S., Otero, E. B., & Vila Paz, M. L. (2008). El paciente en pre-diálisis: Toma de decisiones y libre elección terapéutica. *Nefrología*, 28(SUPPL. 3), 119–122.
- Los tiempos. (2014). Enfermedades del nuevo milenio. Retrieved June 21, 2020, from <https://www.lostiempos.com/oh/actualidad/20140118/enfermedades-del-nuevo-milenio-padece-ud-alguna>
- Malviya, R., Bansal, V., Pal, O., & Shharma, P. (2010). J High performance liquid chromatography: A short review. *Journal of Global Pharma Technology*, 2(5), 22–26.
Retrieved from <http://www.jgpt.co.in/jgpt/index.php/jgptjournal/article/view/208>
- Mamun, F., Rahman, M. M., Zamila, M., Subhan, N., Hossain, H., Raquibul Hasan, S. M., ... Haque, M. A. (2020). Polyphenolic compounds of litchi leaf augment kidney and heart functions in 2K1C rats. *Journal of Functional Foods*, 64(November 2019), 103662.
<https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103662>
- Martín, P., & Errasti, P. (2006). Trasplante renal. *Anales Del Sistema Sanitario de Navarra*, 29(SUPPL. 2), 79–92. [https://doi.org/10.1016/s0212-5382\(10\)70333-2](https://doi.org/10.1016/s0212-5382(10)70333-2)
- Martínez M., F. E., & Garcés V., G. A. (2012). Crecimiento y producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.var. romana) bajo diferentes niveles de potasio. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 4(2), 175–184. <https://doi.org/10.17584/rcch.2010v4i2.1239>
- Martínez, N., Camacho, M., & Martínez, J. (2008). Los compuestos bioactivos de las frutas y sus efectos en la salud. *Actividad Dietetica*, 12(2), 64–68. <https://doi.org/10.1016/S1138->

- Mäser, P., Gierth, M., & Schroeder, J. I. (2002). Molecular mechanisms of potassium and sodium uptake in plants. *Plant and Soil*, 247(1), 43–54. <https://doi.org/10.1023/A:1021159130729>
- Maucieri, C., Nicoletto, C., Junge, R., Schmautz, Z., Sambo, P., & Borin, M. (2018). Hydroponic systems and water management in aquaponics: A review. *Italian Journal of Agronomy*, 13(1), 1–11. <https://doi.org/10.4081/ija.2017.1012>
- Meagy, M. J., Eaton, T. E., & Barker, A. V. (2013). Nutrient density in lettuce cultivars grown with organic or conventional fertilization with elevated calcium concentrations. *HortScience*, 48(12), 1502–1507. <https://doi.org/10.21273/hortsci.48.12.1502>
- Medina, E. (2018). Causas de Enfermedad Renal Crónica. Retrieved June 18, 2019, from Nefrologo Durango website: <https://nefrologodurango.wordpress.com/2018/05/31/causas-de-enfermedad-renal-cronica/>
- Melgarejo, J. C., Proenza, J. A., Galí, S., & Llovet, X. (2010). Técnicas de caracterización mineral y su aplicación en exploración y explotación minera. *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana*, 62(1), 1–23. <https://doi.org/10.18268/BSGM2010v62n1a1>
- Ministerio de Salud Pública. (2015). *Programa Nacional de salud renal*. Retrieved from [https://aplicaciones.msp.gob.ec/salud/archivosdigitales/sigobito/tareas_seguimiento/1469/Presentación Diálisis Criterios de Priorización y Planificación.pdf](https://aplicaciones.msp.gob.ec/salud/archivosdigitales/sigobito/tareas_seguimiento/1469/Presentación_Diálisis_Criterios_de_Priorización_y_Planificación.pdf)
- Ministerio de Salud Pública. (2018). *Diagnóstico y tratamiento de la enfermedad renal crónica*.
- Mohammed, S. (2018). *Designing of NFT Hydroponic System*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-99202-0_3

- Monge, C., Chaves, C., & Arias, M. L. (2011). Comparación de la calidad bacteriológica de la lechuga (*Lactuca sativa*) producida en Costa Rica mediante cultivo tradicional, orgánico o hidropónico. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 61(1), 69–73.
- Moragas, M., Valcárcel, S., & Chirapozu, A. (2019). *Noras microbiológicas de los alimentos y asimilados (superficies, aguas diferentes de consumo, subproductos) y otros parámetros físico-químicos de interés sanitario*. 1–63. Retrieved from <https://www.boe.es/doue/2013/068/L00019-00023.pdf>
- Moreiras, O., Carbajal, A., Cabrera, L., & Cuadrado, C. (2018). *Tablas de composición de alimentos : guía de prácticas*. Retrieved from <http://www.sennutricion.org/es/2018/06/24/tablas-de-composicin-de-alimentos-gua-de-prcticas-19-edicin>
- Morisawa, Y., Tanabe, I., & Ozaki, Y. (2018). Advances in far-ultraviolet spectroscopy in the solid and liquid states. *Frontiers and Advances in Molecular Spectroscopy*, 251–285. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811220-5.00007-1>
- Mou, B. (2005). Genetic variation of beta-carotene and lutein contents in lettuce. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 130(6), 870–876. <https://doi.org/10.21273/jashs.130.6.870>
- National Kidney Foundation. (2016). Cómo Elegir Un Tratamiento Para La Insuficiencia Renal. In *National Kidney Foundation*. Retrieved from https://www.kidney.org/sites/default/files/11-10-7308_FBG_PatBro_Choosing_SPAN.pdf
- National Kidney Foundation. (2017). *Trasplante de riñón*. <https://doi.org/10.1016/j.ciresp.2009.09.001>

- Nguyen, N. T., McInturf, S. A., & Mendoza-Cózatl, D. G. (2016). Hydroponics: A Versatile System to Study Nutrient Allocation and Plant Responses to Nutrient Availability and Exposure to Toxic Elements. *Journal of Visualized Experiments*, (113). <https://doi.org/10.3791/54317>
- NIH. (2019.). Definición de insuficiencia renal - Diccionario de cáncer - National Cancer Institute. Retrieved June 19, 2019, from <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionario/def/insuficiencia-renal>
- Nordqvist, C. (2017). Vitamins: What are they and what do they do? Retrieved July 4, 2019, from <https://www.medicalnewstoday.com/articles/195878.php>
- Noumedem, J. A. K., Djeussi, D. E., Hritcu, L., Mihasan, M., & Kuete, V. (2017). *Lactuca sativa*. In *Medicinal Spices and Vegetables from Africa: Therapeutic Potential Against Metabolic, Inflammatory, Infectious and Systemic Diseases* (pp. 437–449). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809286-6.00020-0>
- Ogawa, A. (2018). Cultivation methods for leafy vegetables and tomatoes with low potassium content for dialysis patients and the change of those qualities. In *Potassium - Improvement of Quality in Fruits and Vegetables Through Hydroponic Nutrient Management*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.71306>
- Oliag, P. T. (2017). Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio CIELAB. *Universitat Politècnica de València. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y Del Medio Natural*.
- Osakidetza. (2013). *Guía de alimentación en pacientes con insuficiencia renal*. Retrieved from https://www.osakidetza.euskadi.eus/contenidos/informacion/hd_publicaciones/es_hdon/adjuntos/Guia_Alimentacion_Insuficiencia_Renal_C.pdf

- Ostermann, M., & Joannidis, M. (2016). Acute kidney injury 2016: Diagnosis and diagnostic workup. *Critical Care*, 20(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s13054-016-1478-z>
- Osuna-Padilla, I. A., Leal-Escobar, G., Garza-García, C. A., & Rodríguez-Castellanos, F. E. (2019). Carga ácida de la dieta; mecanismos y evidencia de sus repercusiones en la salud. *Nefrología*, 39(4), 343–354. <https://doi.org/10.1016/j.nefro.2018.10.005>
- Otero-Raviña, F., Romero, R., Rodríguez-Martínez, M., Díaz, A., Gónzales-Juanatey, A., Valdés, F., & Sánchez-Guisande, D. (2004). Trasplante renal. *Nefrologia*, XXIV(V), 78–103.
- Pal, P., Yadav, K., Kumar, K., & Singh, N. (2016). Cumulative effect of potassium and gibberellic acid on growth, biochemical attributes and productivity of F1 hybrid cucumber. *Environmental and Experimental Biology*, 14, 57–61. <https://doi.org/10.22364/eeb.14.08>
- Patiño, B., Villanueva, M., & Bañón, A. (2009). *Guía de alimentación para pacientes renales*.
- Penniston, K. (2005). *Citric acid and kidney stones*. Wisconsin.
- Pereira, J., Boada, L., Peñaranda, D. G., & Torrado, Y. (2017). Dialisis y hemodialisis. Una revisión actual según la evidencia. *Revista Nefrología Argentina*, 15(1), 1–8. Retrieved from http://www.nefrologiaargentina.org.ar/numeros/2017/volumen15_2/articulo2.pdf
- Rajasekar, M., Associate, R., Nandhini, U., & Balakrishnan, K. (2017). A review on role of macro nutrients on production and quality of vegetables. *International Journal of Chemical Studies*, 5(3), 304–309. Retrieved from <http://www.chemijournal.com/archives/2017/vol5issue3/PartE/5-2-99-654.pdf>
- Reardon, J., & Troxler, S. (2008). pH y los alimentos. *Food and Drug Protection Division*, (919), 19.26.
- Renna, M., Castellino, M., Leoni, B., Paradiso, V. M., & Santamaria, P. (2018). Microgreens

- production with low potassium content for patients with impaired kidney function. *Nutrients*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/nu10060675>
- Rodríguez, D. A., Ortega-Toro, R., & Piñeros-Castro, Y. (2018). Physicochemical, functional and microbiological properties of lettuce (*Lactuca sativa* L.) added with organic acids. *Informacion Tecnologica*, 29(4), 21–30. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642018000400021>
- Rodriguez, M., Estrella, M., Solano, M., Lozano, D., Torrico, F., & Torrico, M. (2015). *Evaluación de la contaminación microbiológica de la lechuga (Lactuca sativa) en la cadena alimentaria, provincia de Quillacollo, Cochabamba, Bolivia 2015*. 38(2), 31–36. Retrieved from http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1012-29662015000200006&script=sci_arttext
- Román, D., & Bustamante, J. (2008). Nefrología : publicación oficial de la Sociedad Española de Nefrología. *Nefrología*, 28(3), 333–342. Retrieved from <https://www.revistanefrologia.com/es-aspectos-nutricionales-insuficiencia-renal-articulo-X0211699508005896>
- Sabath, E., & Robles-Osorio, M. L. (2012). Medio ambiente y riñón: Nefrotoxicidad por metales pesados. *Nefrologia*, 32(3), 279–286. <https://doi.org/10.3265/Nefrologia.pre2012.Jan.10928>
- Sardare, M., & Admane, S. (2015). A review on plant without soil - hydroponics. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 02(03), 299–304. <https://doi.org/10.15623/ijret.2013.0203013>
- Singbartl, K., & Joannidis, M. (2015). Short-term Effects of Acute Kidney Injury. *Critical Care Clinics*, 31(4), 751–762. <https://doi.org/10.1016/j.ccc.2015.06.010>

- Slavin, J., & Carlson, J. (2014). Carbohydrates. *Advances in Nutrition (Bethesda, Md.)*, 5(6), 760–761. <https://doi.org/10.3945/an.114.006163>
- Soto-Vilca, A., & Susenj, M. (2013). Rueda alimentaria para pacientes con insuficiencia renal crónica en hemodiálisis: recomendaciones dietéticas fundamentales. *Enfermería Nefrológica*, 16, 214–214. <https://doi.org/10.4321/S2254-28842013000500111>
- Soto Vilca, A., & Susenj, M. (2013). Rueda alimentaria para pacientes con insuficiencia renal crónica en hemodiálisis: recomendaciones dietéticas fundamentales. *Enfermería Nefrológica*, 16, 214–214. <https://doi.org/10.4321/S2254-28842013000500111>
- Spanner, J., & Napolitano, G. (2015). *Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables*. 4. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i4405s.pdf>
- Talukder, M., Asaduzzaman, M., Ueno, M., Kawachi, M., Yano, S., Ban, T., ... Asao, T. (2016). Corresponding author article history citation low potassium content vegetables research for chronic kidney disease patients in Japan. *Nephrology*, 2(1), 1–8. <https://doi.org/10.17140/NPOJ-2-111>
- Trejo, L., & Gómez, F. (2012). Nutrient solutions for hydroponic systems. *Intech, i(tourism)*, 13. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5772/57353>
- Tripathi, D. K., Singh, S., Singh, S., Mishra, S., Chauhan, D. K., & Dubey, N. K. (2015). Micronutrients and their diverse role in agricultural crops: advances and future prospective. *Acta Physiologiae Plantarum*, 37(7). <https://doi.org/10.1007/s11738-015-1870-3>
- Vandevenne, C., & Escolá, M. (2014). *Métodos de análisis microbiológicos de los alimentos*. Retrieved from <https://www.editdiazdesantos.com/libros/allaert-vandevenne-corrie-metodos-de-analisis-microbiologicos-de-los-alimentos->

- Vargas Arcila, M., Cartagena-Valenzuela, J. R., Franco, G., Correa-Londoño, G. A., Quintero-Vásquez, L. M., Gaviria-Montoya, C. A., ... Gaviria-Montoya, C. A. (2017). Cambios en las propiedades fisicoquímicas de cuatro variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) durante el almacenamiento. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(2), 257. https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num2_art:632
- Vicentini, C. M., Sala, F. C., Spoto, M. H. F., Ferreira, M. D., Borba, K. R., & Verruma-Bernardi, M. R. (2018). Avaliação das características físico-químicas e aceitação da alface crocantela produzida em sistema hidropônico na cidade de Araras, São Paulo. *DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde*, 13(3), 663–673. <https://doi.org/10.12957/demetra.2018.31509>
- Yoshida, T., Sakuma, K., & Kumagai, H. (2014). Nutritional and taste characteristics of low-potassium lettuce developed for patients with chronic kidney diseases. *Hong Kong Journal of Nephrology*, 16(2), 42–45. <https://doi.org/10.1016/j.hkjn.2014.09.002>
- Zhang, K.-Y. (2014). Vitamin C supplementation in patients on maintenance dialysis. *World Journal of Clinical Urology*, 3(3), 344. <https://doi.org/10.5410/wjcu.v3.i3.344>

Anexos

Anexo 1. Instalación de los sistemas hidropónicos NFT

Para cada sistema hidropónico se utilizó cuatro tubos pvc blancos de 1,20 m de largo, los cuales tuvieron 9 perforaciones de 5 cm de diámetro cada 13 cm. En la parte final de cada tubo se colocó una reducción cónica pvc de 75 a 32 mm la cual se sujetó al esqueleto de la estructura. Para el retorno de la solución nutritiva se empleó el lado izquierdo del sistema, razón por la cual en el lado derecho se colocó tapones para evitar que la solución nutritiva se estanque (Figura 22-A).

Para la circulación de la solución nutritiva se usó una bomba sumergible de 800 lph, la cual se insertó en el tanque que contiene la solución nutritiva y que mediante una manguera de 1/4 plg la distribuye por todo el sistema. Esta manguera fue adaptada para que cada piso tenga una entrada de solución nutritiva de forma independiente, para esto se perforó la manguera a la altura de cada piso y se colocó mangueras de 1/8 plg que se conectaron directamente en el lado derecho del sistema (Figura 22-B). Para la programación del timer (Figura 22-C) lo primero que se hizo fue establecer la hora en la pantalla principal, a continuación se bajaron las pestañas de color negro en las siguientes horas 7:00, 9:00 y 11:00 am, 12:00, 13:00, 15:00, 17:00 y 21:00 pm para tener una programación de 15 minutos, el timer fue conectado a una fuente eléctrica y se encendió el timer bajando la pestaña ubicada en la parte lateral. Una vez programado, se enchufó la bomba sumergible y se realizaron las pruebas de circulación para verificar que no existan fugas y que la solución nutritiva circule con total normalidad.

Para empezar la experimentación se realizó el lavado de los sistemas, para lo cual se dejó circular agua limpia durante 1 día, a continuación, se hizo circular una solución de hipoclorito de sodio al 1 % durante 1 día y finalmente se realizó un enjuague con agua limpia durante 3 días (el agua se cambió cada día).

A



B



C



Figura 22. Material de pvc que conforma cada sistema hidropónico (A); adaptación de manguera de distribución de solución nutritiva (B) Programación de horas de riego mediante timer; Elaborado por: El autor, 2020

Anexo 2. Manual de formulación de solución nutritiva. Casa comercial 1

Instrucciones de Uso

Preparación de Macro Nutrientes A.

(Sales contenidas en el envase etiquetado MACRO A)

- En 3 litros de agua potable coloque la sal etiquetada como N, K; encargado de suministrar Potasio y Nitrógeno. Agite hasta disolver en su totalidad.
- Seguidamente, agregue la sal etiquetada como N, encargada de suministrar Nitrógeno. Agite hasta disolver en su totalidad.
- Finalmente, agregue la sal etiquetada como N, P; encargada de suministrar Fósforo y Nitrógeno. Agite hasta disolver en su totalidad.
- Agregue 2 litros de agua potable para tener una solución resultante de 5 litros de solución concentrada Macro Nutriente A.
- Conserve en un lugar fresco, fuera de luz y humedad.

Preparación de Macro Nutrientes C.

(Sales contenidas en el envase etiquetado MACRO C y MICRO B)

- En 3 litros de agua potable coloque la sal etiquetada como N, Ca; encargado de suministrar Calcio y Nitrógeno. Agite hasta disolver en su totalidad.
- Agregue 2 litros de agua potable para tener una solución resultante de 5 litros de solución concentrada Macro Nutriente C.
- Conserve en un lugar fresco, fuera de luz y humedad.

Preparación de Micro Nutrientes B.

(Sales contenidas en el envase etiquetado MACRO C y MICRO B)

- En 200 ml de agua hervida fría o destilada coloque las sales etiquetadas como Micro, encargado de suministrar los micronutrientes. Agite hasta disolverlas en su totalidad. Complete 800 ml adicionales de agua hervida fría o destilada hasta completar 1 litro de solución de Micro nutrientes. **Nota: Solo se utilizarán 400 ml.**
- En 1 litro de agua hervida fría o destilada, coloque la sal etiquetada como S, Mg; encargado de suministrar Azufre y Magnesio. Agite hasta disolver en su totalidad.
- Seguidamente, agregue la sal etiquetada como Fe, encargada de suministrar Hierro. Agite hasta disolver en su totalidad.
- Posteriormente, agregue 400 ml de Micro nutrientes, previamente preparados.
- Complete con 800 ml de agua hervida fría o destilada, para tener una solución resultante de 2 litros de solución concentrada Micro Nutriente B.
- Conserve en un lugar fresco, fuera de luz y humedad.

Dosis.

- ✦ Por cada litro de agua de riego, mezclar 5 ml de Nutriente Macro (A), 5 ml de Nutriente Macro (C), y 2 ml de Nutriente Micro (B). Un KIT de Sales Minerales Hidropónica GUANU suministrada por TARPUI, rinde 1000 litros de solución nutritiva.
- ✦ Debe cambiar el agua con solución del tanque cada 30 días, de esta forma garantizará que todos los nutrientes estén disponibles para las plantas. Dependiendo del nivel de evaporación, si observa que antes de este tiempo el nivel de agua disminuye puede completar el nivel colocando agua mas solución nutritiva en la dosis antes recomendada.
- ✦ Es recomendable que al menos una vez por mes, aplique al sistema UNICAMENTE agua sin nutrientes.
- ✦ NUNCA permita que la bomba de agua trabaje en vacío (sin agua), esto puede ocasionar que deje de funcionar. Revise periódicamente el nivel de agua.

Advertencia & Compatibilidad

- ✦ Consérvese en un lugar cerrado, fuera del alcance de los niños.
- ✦ Producto para aplicar únicamente al sistema radicular de una planta.
- ✦ Producto de reacción ácida
- ✦ Se recomienda no realizar mezclas con otros productos.
- ✦ El fabricante garantiza la composición y calidad del producto. No se responsabiliza por el uso imprudente, excesivo o indebido por parte del aplicador.

Tarpui.com

info.tarpui@gmail.com

M. 593 994 904 323

GUANU NUTRIENTE HIDROPÓNICO MULTIPROPÓSITO

INSTRUCCIONES DE USO

- Preferible usar agua potable des-clorada.
- **DÓSI5:** Por cada litro de agua de riego, mezclar 5 cm3 de Macro Nutriente (A), 5 cm3 de Macro Nutriente (C), y 2 cm3 de Micro Nutriente (B).
- **MODO DE APLICACIÓN:** Para uso radicular.



MANEJO & ALMACENAJE

- Almacene en el envase original en un lugar seco. Temperatura de almacenamiento 25°C.
- Use el producto antes de 24 meses de su fabricación.
- Mezcle únicamente la cantidad de solución nutritiva que va a utilizar en ese momento.

ADVERTENCIA & COMPATIBILIDAD

- Producto de reacción ácida
- Se recomienda no realizar mezclas con otros productos.
- El fabricante garantiza la composición y calidad del producto. No se responsabiliza por el uso imprudente, excesivo o indebido por parte del aplicador.
- No almacenar junto con alimentos. Manténgase fuera del alcance de niños o personas no responsables. En caso de ingestión, llamar a un médico.

COMPOSICIÓN GARANTIZADA (mg/L)

MACRO-NUTRIENTE (A)

Nitrógeno total: 190,0

Fosforo asimilable: 35,0

Potasio soluble: 210,0

MACRO-NUTRIENTE (C)

Calcio: 150,0

MICRO-NUTRIENTE (B)

Hierro quelatado: 1,0

Magnesio: 45,0

Azufre: 7,0

Manganeso: 0,5

Boro: 0,5

Cobre: 0,1

Zinc: 0,15

Molibdèno: 0,05

INFORMACIÓN Y VENTAS

TARPULCOM

Av. Capitán Ramón Borja Oe2-81 y Galo Plaza Lasso / info.tarpul@gmail.com / (593) 994 904 323

Anexo 3. Análisis de parámetros físico-químicos

a



Determinación de color

b



Determinación de SS

c



Medida de pH

d



Determinación de acidez titulable

e

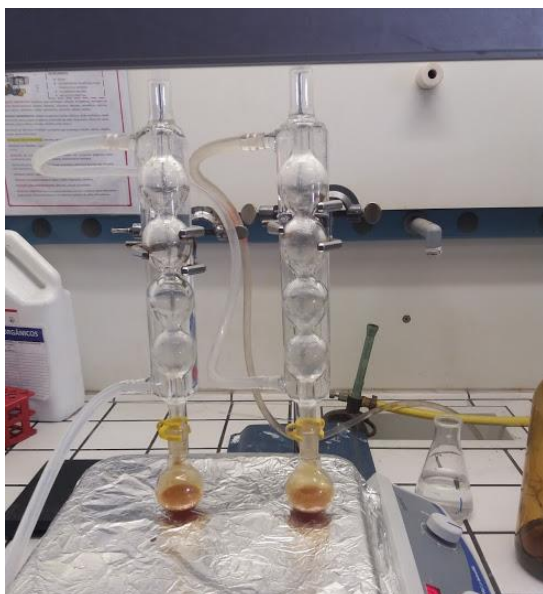


Análisis de humedad y cenizas

Elaborado por: El autor, 2020

Anexo 4. Análisis de minerales por absorción atómica

a.



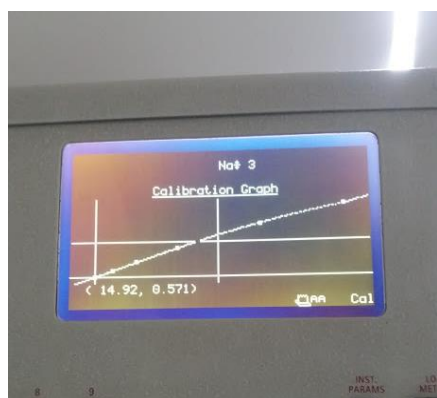
Digestión de las muestras mediante sistema de reflujo

b.



Dilución de la muestras previa lectura

c.



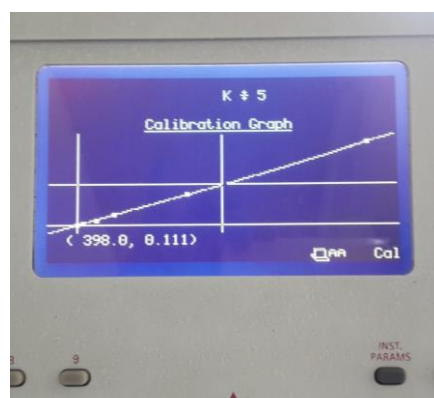
Abs 0.001 Na+ 3

Standard	Conc	Value	Reslope
0	[0.00]	-0.000	
1	[2.00]	0.092	
2	[5.00]	0.243	
3	[10.00]	0.467	
4	[20.00]	0.849	
5	[30.00]	1.162	

Conc fixed at 0

Curva de calibración de sodio

d.



Abs 0.001 K+ 5

Standard	Conc	Value	Reslope
0	[0.00]	0.000	
1	[15.0]	0.005	
2	[50.0]	0.013	
3	[100.0]	0.027	
4	[300.0]	0.085	
5	[800.0]	0.227	

Conc fixed at 0

Curva de calibración de potasio

Elaborado por: El autor, 2020

Anexo 5. Normas microbiológicas de los alimentos y asimilados. Legislación española

RECOPILACIÓN DE

NORMAS MICROBIOLÓGICAS DE LOS ALIMENTOS Y ASIMILADOS (superficies, aguas diferentes de consumo, subproductos)

Y OTROS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE INTERÉS SANITARIO

Actualizada a 1 ENERO de 2019

normasmicroyeticado@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Si bien el Real Decreto 135/2010 B.O.E. 25/02/2010 ha derogado gran parte de la reglamentaciones que establecían criterios microbiológicos a nivel nacional, hemos creído conveniente mantenerlos éstos y otros, en esta recopilación con el valor de servir únicamente como referencia.

Deseamos que esta recopilación siga siguiendo de utilidad para los técnicos que desarrollamos nuestro trabajo en el ámbito de la Higiene Alimentaria.

MANUEL MORAGAS ENCUESTA, Inspector jubilado del SUBAREA DE SANIDAD ALIMENTARIA Y CONSUMO DEL AYUNTAMIENTO DE BILBAO
SANTIAGO VALCÁRCEL ALONSO (DEPARTAMENTO DE SALUD GOBIERNO VASCO, DIRECCIÓN TERRITORIAL BIZKAIA. C/ A. Rekalde 39 A. 48008 - BILBAO,
ALVARO CHIRAPOZU MENDIBIL (SUBAREA DE SANIDAD ALIMENTARIA Y CONSUMO DEL AYUNTAMIENTO DE BILBAO. C/ Ugalde 7. 1ª Planta 48012 - BILBAO.
Nuestro reconocimiento a Mª BEGOÑA DE PABLO BUSTO, por su participación desde el inicio en la realización de estas normas.

Ediciones:	Enero 1998	Enero 2003	Enero 2005	Enero 2007	Mayo 2010	Enero 2014	Enero 2017
	Noviembre 2000	Marzo 2003	Enero 2006	Enero 2008	Enero 2012	Enero 2015	Enero 2019
	Enero 2002	Enero 2004	Octubre 2006	Marzo 2010	Enero 2013	Enero 2016	

INDICE:

Últimos criterios microbiológicos incorporados

pág. 2

Índice de los alimentos orden alfabético

pág. 3

Criterio Listeria m. en alimentos

pág. 4

Normas de cada alimento orden alfabético

pág. 5 a 63

Alimentos	Legislación o Recomendación	Aerobios mesófilos	Enterobacterias Coliformes	E. coli	S. aureus	Salmonella Shigella Mohos Listeria monocitogenes	Otros límites. Comentarios.
Frutas, verduras y hortalizas	Rivas Palas y cols.	5x10 ⁵ ufc/ g	Coliformes: 10 ² - 3 x10 ² ufc/ g	10 ufc/ g	10 ² ufc/ g	Salmonella: Aus. /25 g Mohos /Levaduras 10 ³ u.f.c./ g	Sulfito reductores: 10 ufc/ g Aerobios psicrófilos: 5x10 ³ u.f.c./ g
Verduras y hortalizas	1984, nº 149 Rosio/Pascual "Microbiología Alimentaria", 92	10 ² -10 ³ ufc/g	Coliformes: 10 ² -10 ⁴ ufc/g	10-10 ² ufc/g		Salmonella Aus. /25 g Mohos /Levaduras 10-10 ⁴ ufc/g Mohos: cepas no toxigénicas	La autora recomienda aplicar el mismo criterio que para cereales, con fin orientativo. Nota: El programa de control oficial de productos alimenticios 2002/C 216/05 (D.O.C.E. 12/09/02) señala como microorganismos de interés a Salmonella spp., E coli O157: H7 y Listeria monocitogenes.
(ver pasteles en página 42)	referencia RD 1124/82 BOE 4/6/82 Reglamentos CE 2073/2005 y 1441/2007	10 ⁴ ufc/ g	Aus. / g	Aus. / g	Aus. / g	Mohos / Levaduras: 2x10 ² ufc/g. Listeria monocitogenes n=5 c=0 100 u.f.c/g	cualquiera de sus formas, de microorganismos patógenos o sus toxinas. Humedad máxima de galletas simples 6 %, Bizcochos máx. 10%. Los criterios microbiológicos han sido derogados por R.D. 135/2010 B.O.E. 25/02/2010 Fase aplicación del criterio: productos comercializados durante su vida útil. El Reglamento las incluye en la relación de alimentos listos para el consumo cuya búsqueda regular no es de utilidad. Véase la página 5. A modo informativo humedad y actividad de agua (de R.J. Donalson y R. Early 1996) Galletas 1,5% aw 0.10
Galletas rellenas o cubiertas (ver pasteles en página 42)	Como referencia RD 1124/82 BOE 4/6/82 Reglamento 2073/2005 modificado por el 1441/2007 D.O.U.E. 07/12/2007	10 ⁴ ufc/ g	Enterobacterias: 10 ufc/g	Aus. / g	Aus. / g	Salmonella Aus. /25 g Mohos / Levaduras 2x10 ² ufc/ g. Listeria monocitogenes n=5 c=0 Aus/25 g Listeria monocitogenes n=5 c=0 100 ufc/g	Bacillus cereus: ausencia/g. Además las galletas estarán libres de parásitos en cualquiera de sus formas, de microorganismos patógenos o sus toxinas. Humedad máxima galletas rellenas o cubiertas y Bizcochos: máx. 10% Los criterios microbiológicos han sido derogados por R.D. 135/2010 B.O.E. 25/02/2010 De aplicación sólo si pueden favorecer el crecimiento de Listeria monocitogenes y en la fase anterior a la que el alimento haya dejado el control inmediato del explotador de la empresa alimentaria que lo ha producido. Considerar que no puede favorecer el crecimiento los alimentos con a _w ≤ 0.92. Véase la página 5. Fase de aplicación del criterio: productos comercializados durante su vida útil. Véase página 5.
Gelatinas comestibles	Como referencia O.12/3/84 BOE 17/3/84 Decisión Comisión DOCE 12/11/99 Reglamento 2073/2005 modificado por Reglamento CE 1441/2007 D.O.U.E. 07/12/2007	5x10 ⁵ ufc/ g 10 ³ ufc/ g	Enterobacterias: Aus. / g Coliformes: a 30° C: 0 ufc/ g a 45° C: 0 ufc/10 g			Salmonella n=5 c=0 Ausencia en 25 g. Listeria monocitogenes n=5 c=0 Aus/ 25 g Listeria monocitogenes n=5 c=0 100 u.f.c/g	Clostridium perfringens: Ausencia/gr.. Humedad entre el 8-13% y pH: 4-9 Los criterios microbiológicos de la Orden del 12/03/1984 han sido derogados por R.D. 135/2010 B.O.E. 25/02/2010. Anaerobios sulfito reductores (sin gas): 10 ufc/g Clostridium perfringens: 0 ufc/g Salmonella: de aplicación en la fase de productos comercializados durante su vida útil. De aplicación si es lista para el consumo y que puede favorecer el crecimiento de Listeria monocitogenes se aplica en la fase anterior a la que el alimento haya dejado el control inmediato del explotador de la empresa alimentaria que lo ha producido. Véase la página 5. Fase de aplicación del criterio: productos comercializados durante su vida útil. Véase criterio en la página 5.

M. Moragas/S. Valcárcel/A. Chirapozu/B. de Pablo

Recopilación normas microbiológicas y parámetros físico-químicos relacionados

enero 2019
Página 27 de 63